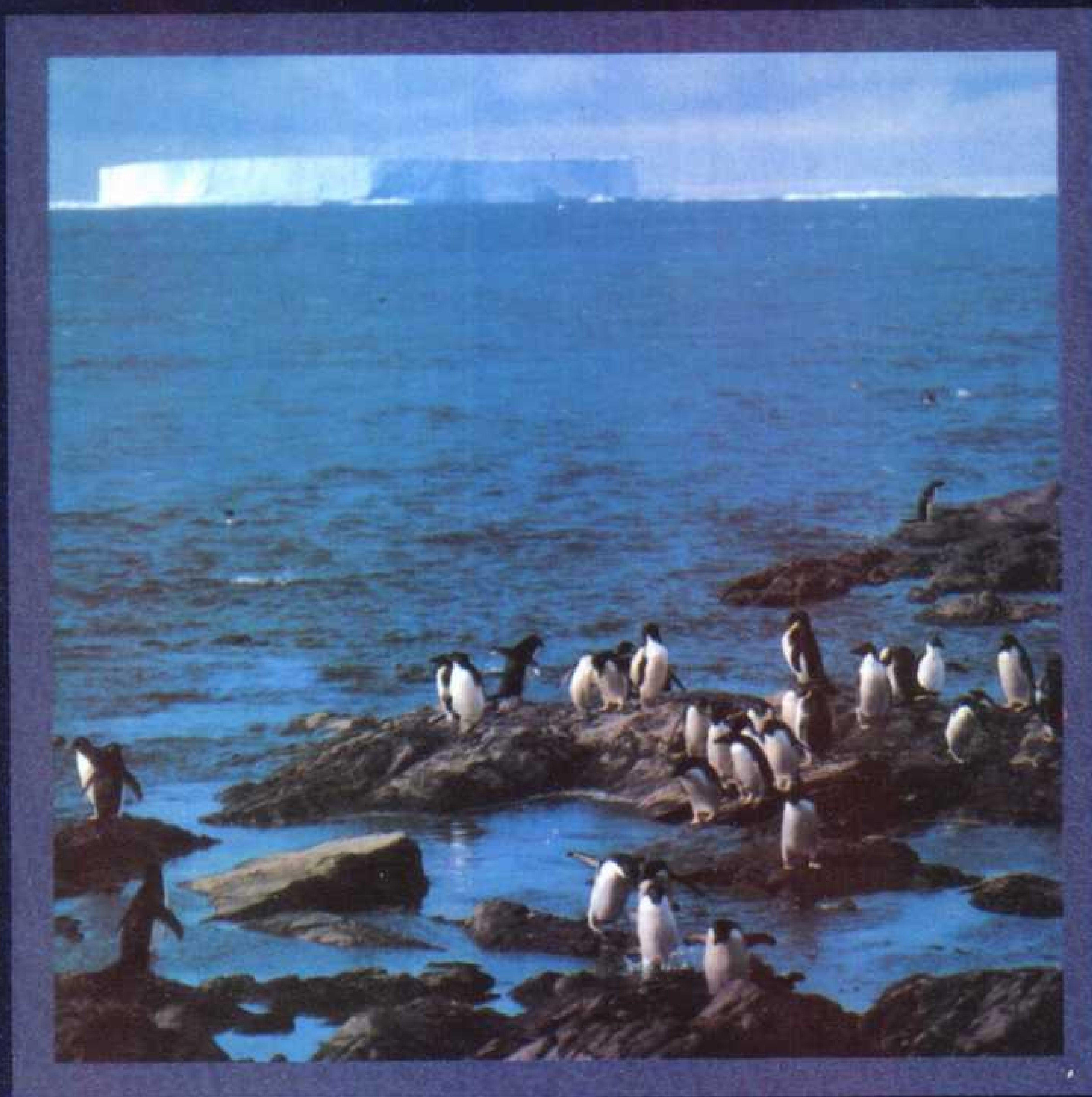
LOS SECRETOS DEL MAR

COUSTEAU

ENCICLOPEDIA DEL MAR

8



folio



COUSTEAU

ENCICLOPEDIA DEL MAR

8

folio

Dirección editorial: Julián Viñuales Solé

Asesores científicos: Serge Bertino, Rhodes W.Fairbridge, Antonio Ribera y Vicente Manuel Fernández

Traducción: Vicente Manuel Fernández y Miguel Aymerich

Coordinación editorial: Julián Viñuales Lorenzo

Coordinación técnica: Pilar Mora

Coordinación de producción: Miguel Angel Roig

Diseño cubierta: STV Disseny

Publicado por :
Ediciones Folio, S.A.
Muntaner, 371-373
08021 Barcelona

De esta obra hubo una edición anterior de doce volúmenes titulada genéricamente *Los Secretos del Mar.*

Distribución exclusiva para España y América:
Editorial Rombo, S.A.

ISBN: 84-7583-501-5 (Volumen 8)
84-7583-530-9 (Obra completa)

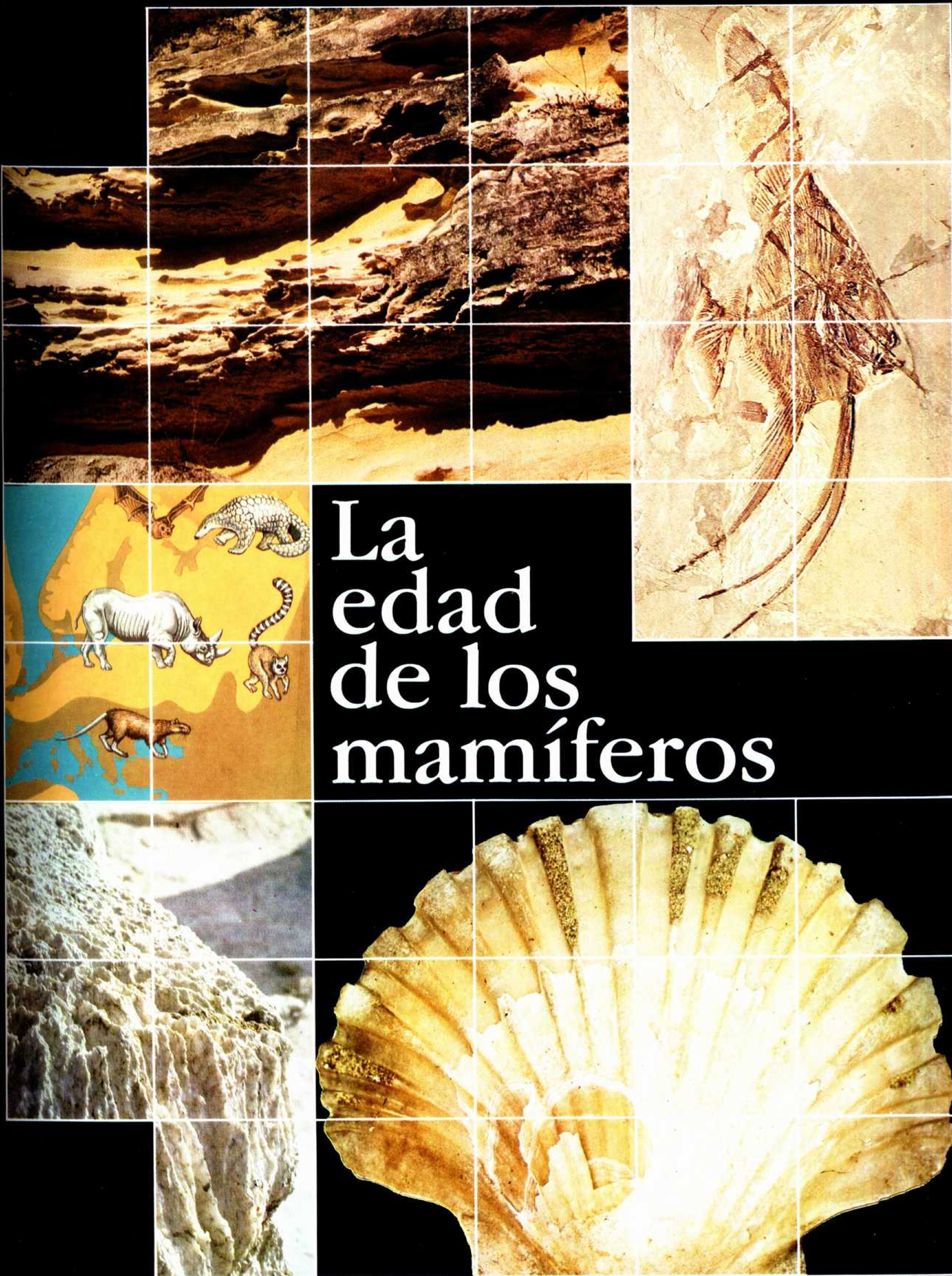
Impresión: Gráficas Estella

Depósito Legal: NA. 1304-1993
Printed in Spain

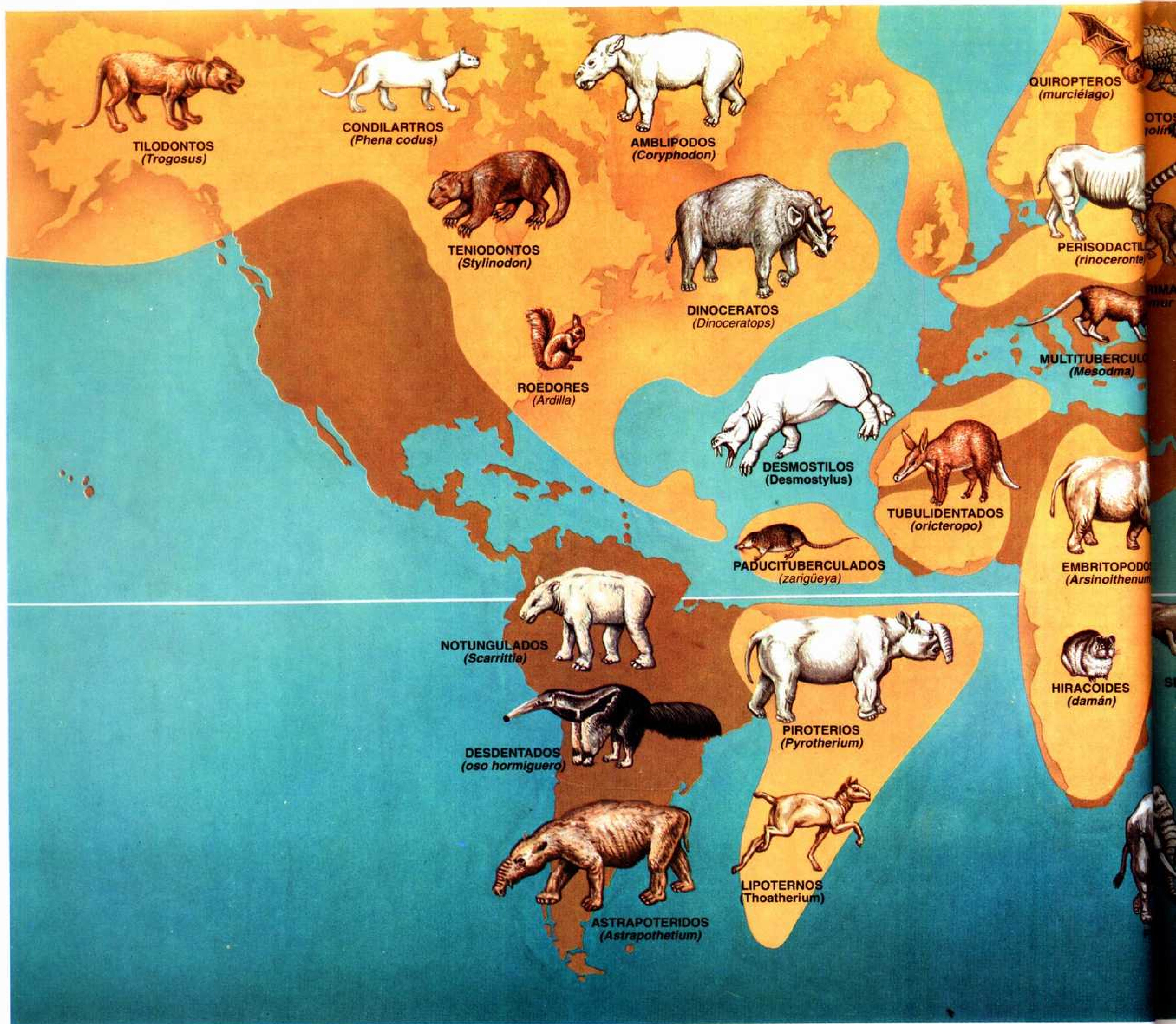
SUMARIO



La edad de los mamíferos



Los nuevos amos



Las conturbaciones geológicas, incluso cuando parecen considerables *a posteriori,* se producen durante decenas y decenas de miles de años. Lentos son también los cambios ecológicos globales. Por ejemplo, durante todo el Mesozoico, la concentración del aire en oxígeno sigue siendo sensiblemente inferior a la actual; por el contrario, la concentración en gas carbónico era superior. Esta composición de la atmósfera propiciaba la proliferación de los dinosaurios, que son reptiles, esto es, animales cuya tasa de metabolismo es baja. Contrariamente, los mamíferos estaban en desventaja, tanto más cuanto que todavía eran de pequeño tamaño, como el de entre un ratón y una rata.

A finales del Mesozoico, la acumulación de pequeños cambios progresivos en la composición de la atmósfera había acabado por hacer efecto: había entonces más oxígeno y menos anhídrido carbónico. La rápida desaparición de los dinosaurios iba a terminar por dar su oportunidad a los portadores de mamas.

El fin de los dinosaurios, como hemos dicho ya, ha sido objeto de múltiples hipótesis. Recordemos la versión de Walt Disney, en *Fantasía,* donde, con la música de la *Saga de la Primavera,* de Stravinsky, se ve cómo los grandes reptiles mueren de hambre y de sed como consecuencia de una serie de seísmos y de erupciones volcánicas que destruyen la vegetación y desecan la faz de la Tierra.

La explicación más probable de esta extinción masiva a finales de la era Secundaria (que incluye también la de los ammonites, los belemnites, numerosas familias de equinodermos y foraminíferos) parece ser la hipótesis de la colisión de la Tierra con un meteorito de grandes dimensiones. Esta catástrofe habría matado de varias formas: por la onda de choque, por una serie de formidables tsunamis, pero sobre todo al crear una gigantesca nube de polvo que habría oscurecido el cielo durante semanas enteras, provocando una reducción general de la vegetación clorofílica. Esta falta de alimento habría sido fatal para los grandes herbívoros y para sus depredadores. Los animales de menor tamaño (reptiles, aves o mamíferos) habrían podido sobrevivir.

Sea de ello lo que fuere, el fin de la colonización de la Tierra por los dinosaurios daba paso al imperio de los mamíferos. De repente, numerosos nichos ecológicos quedaron libres. Hasta entonces, los por-



La evolución de los mamíferos y la deriva de los continentes. *El auge de los mamíferos, tras la extinción de los dinosaurios, coincide con la división de la Pangea, ese hipotético supercontinente en el que, según se cree, se habían ya ampliamente diseminado los portadores de mamas. Los diversos grupos mamíferos evolucionan en realidad de forma más o menos independiente. En el Cenozoico inferior, la Tierra debía de presentar un aspecto parecido al que figura arriba en naranja. Europa y América del Norte estaban unidas por un puente, mientras que el mar Uraliano separaba a Europa de Asia. América del Sur estaba igualmente separada de Africa. Australia, al aislarse totalmente, dio lugar a dos subclases primitivas de mamíferos: la de los monotremas (prototéridos), que ponían huevos, y la de los marsupiales (mesotéridos), la maduración de cuyos fetos acaba en la bolsa ventral de la hembra, llamada marsupio, de donde toman nombre.*

tadores de mamas apenas se habían diferenciado. Ahora podían ya hacerlo en todas direcciones. A su vez, al crear formas especializadas, iban a poblar todos los ambientes de la superficie terrestre, desde alta mar hasta la cima de las montañas, y desde el ecuador hasta allí donde se hallan los parajes polares. Los primeros mamíferos habían aparecido en el Retiano. Pero es a principios de la era Secundaria cuando se expande la tribu de los terápsidos, y particularmente el grupo de los teriodontos, que iban a engendrar a todas las ramas ulteriores. Los caracteres mamarios se fueron adquiriendo gradualmente. En el Jurásico, los mamíferos estaban representados por los multituberculados. Entre estos últimos, los simetrodontos y los triconodontos se extinguieron sin descendencia. Sobrevivieron únicamente los pantotéridos. En el Cretáceo, éstos dieron origen a las dos principales subclases de portadores de mamas modernos: los marsupiales y los placentarios. Los primeros, también llamados metaterios, no tienen placenta cuando están en estado embrionario, y nacen prematuramente (en la actualidad están representados por los canguros, los wallabys, los tilacinos, etc.). Los segundos, llamados también euterios, agrupan a todos los órdenes evolucionados de la clase. Al faltar documentos fósiles, no se sabe a qué antigua rama atribuir los animales más primitivos del grupo, los monotremas o prototerios (ornitorrincos y equidnas, que desovan y presentan numerosos caracteres de reptil).

La era Terciaria, o Cenozoico, comienza hace unos 65 millones de años aproximadamente y perdura todavía. A mediados del siglo XIX, el gran geólogo británico Charles Liell *(Principes of Geology)* añadió la era Cuaternaria a las tres grandes eras precedentemente definidas por Giovanni Arduino (Jean Arduin) en 1750. Pero ello, más por comodidad (para registrar la aparición del hombre) que por auténticas razones científicas. Nos agrada tener una era sólo para nosotros: pero esto no es otra cosa que antropomorfismo.

La estratigrafía de la era Terciaria es bastante compleja. En líneas generales se divide este período en dos grandes partes: el Paleogeno, o Nummulítico, que duró unos 40 millones de años, y el Neogeno, que duró unos 20 millones. El Paleogeno se subdivide a su vez en varios períodos y subperíodos: el Paleoceno (que comprende el Dano-Montiano y el Tanetiano), el Eoceno (Ypresiano, Luteciano, Bartoniano) y el Oligoceno (Stampiano). Asimismo, el Neoceno se secciona en numerosos estratos: Mioceno (Aquitano, Burdigaliano, Vindoboniano, Pontiano), Plioceno (Placentino, Astiano) y Pleistoceno (época moderna).

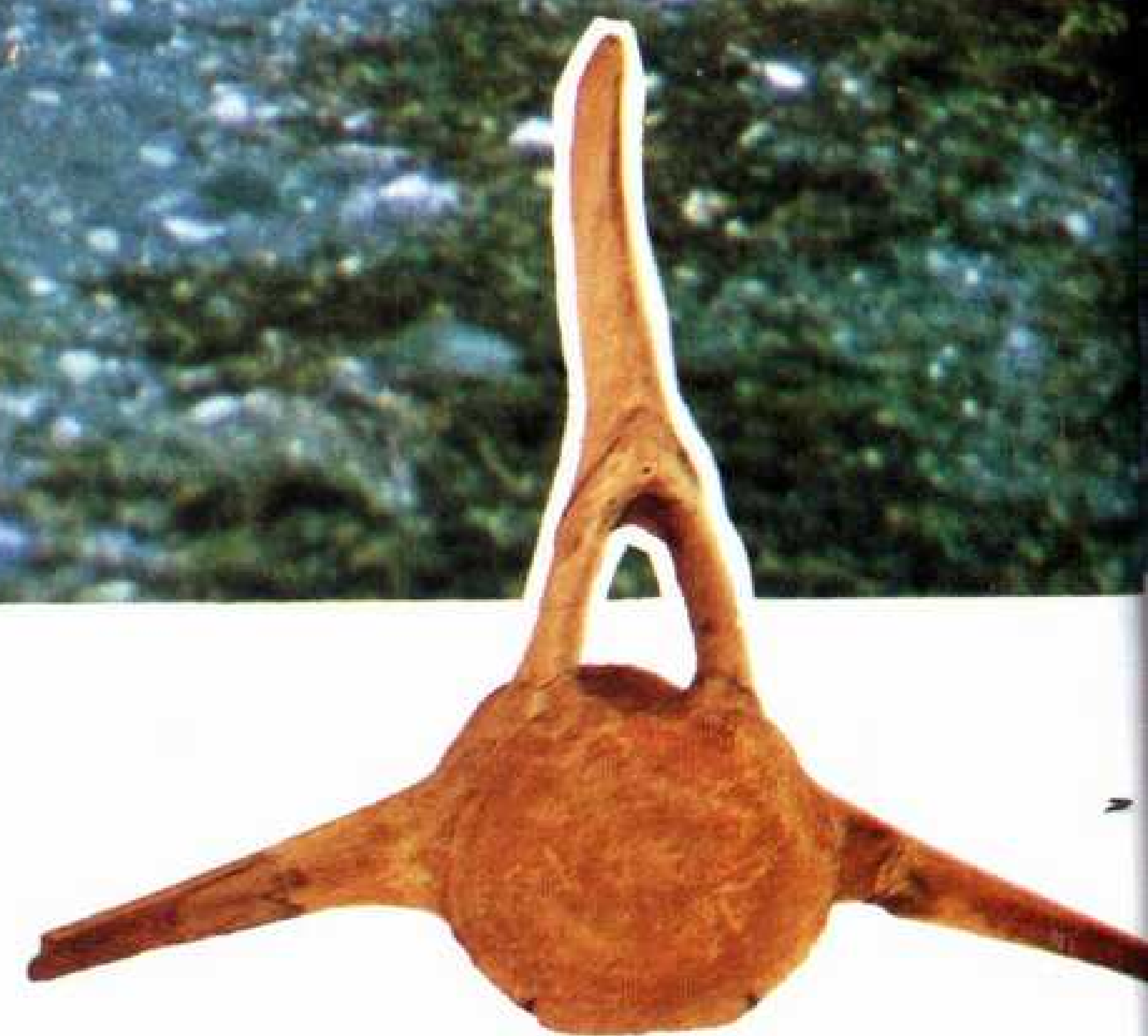
Naturalmente, esta estratigrafía suscita en sus detalles interminables discusiones entre los especialistas. Los geólogos no están de acuerdo en la interpretación de la presencia de tal o cual fósil en tal o cual roca determinada. En descargo suyo hay que decir que los sedimentos marinos, sobre los que se basan principalmente para fechar las capas, de tal suerte se han trastrocado, plegado, remodelado en ciertos lugares, que es imposible escribir su destino.

Los mamíferos marinos

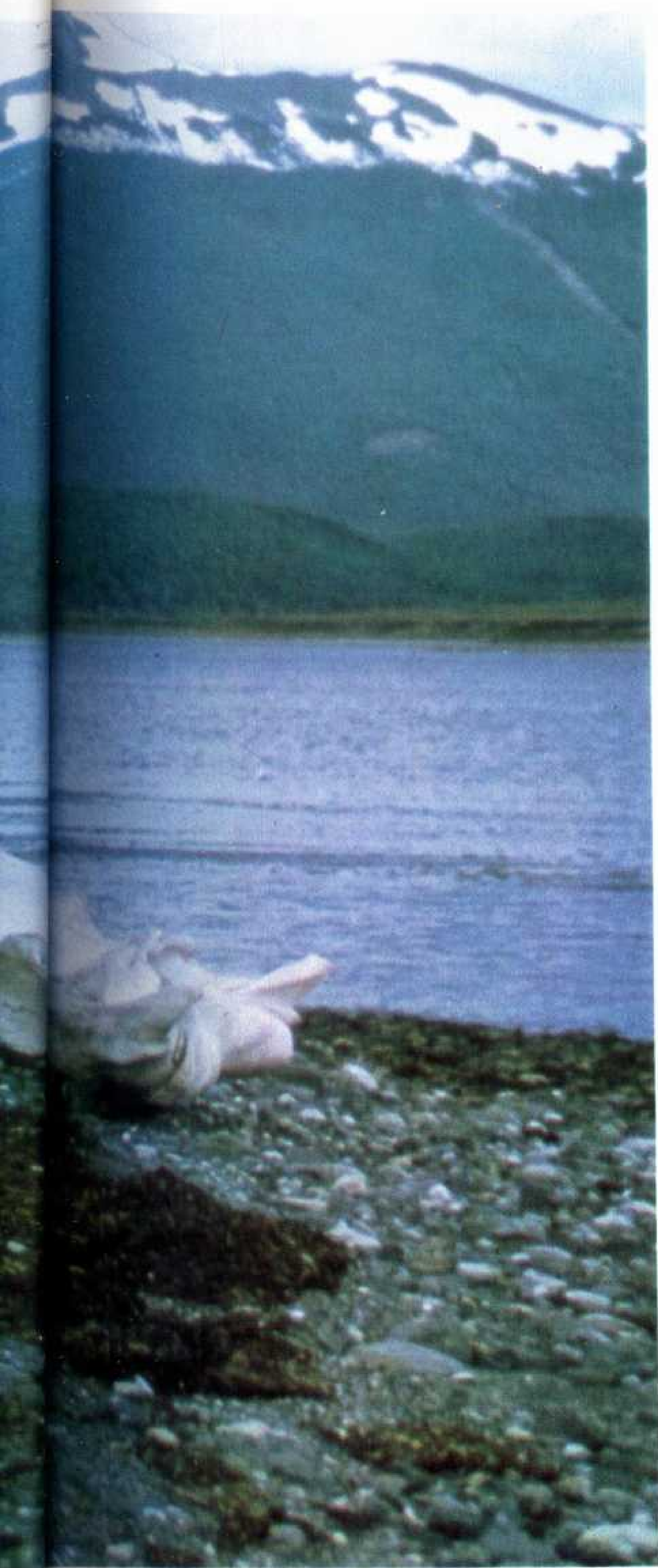
El Cenozoico fue la era de la diversificación y de la especialización de los mamíferos. Estos fueron poco a poco colonizando todos los medios naturales. Algunos conservaron una gran flexibilidad adaptativa: tal ocurrió, en especial, con los insectívoros arborícolas, algunos de los cuales dieron origen después a la rama de los primates, de la que formamos parte. Otros grupos se especializaron, por el contrario, estrechamente, ventaja que a veces pudo revelarse catastrófica si las condiciones del medio (clima, vegetación, etc.) se modificaban bruscamente.

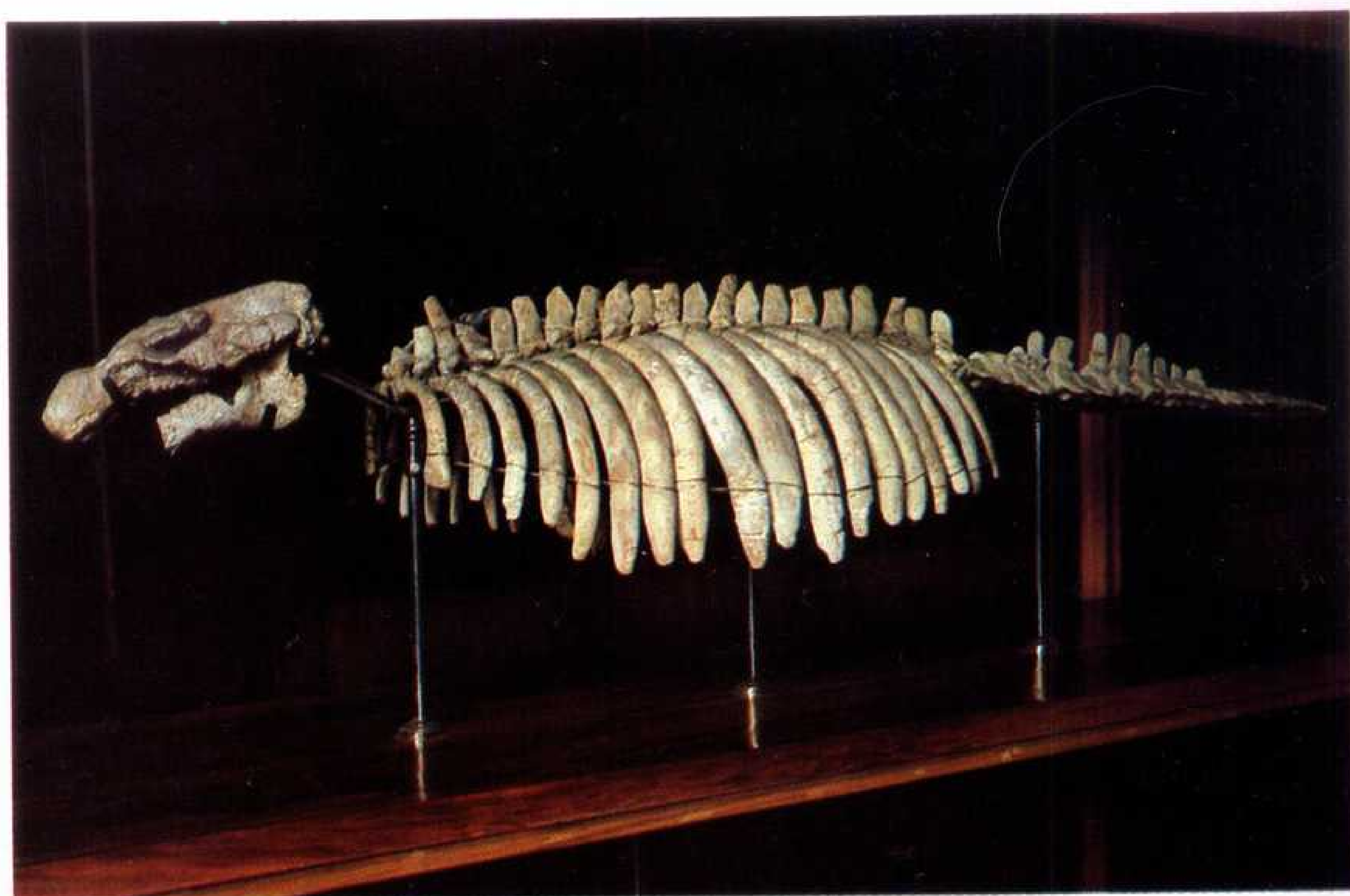
Entre los grandes ecosistemas, el mar es uno de los más fecundos y atractivos. Sin embargo, difícil les resultó a los mamíferos conquistar las aguas saladas. Para ello tuvieron que «reinventar» el hidrodinamismo, acortar sus miembros, adquirir aletas, afilar sus cuerpos, mejorar sus rendimientos respiratorios, etc. Si se excluye a los osos blancos y a las nutrias de mar, tres grupos de mamíferos pueblan hoy los océanos: los cetáceos, los sirénidos y los pinnípedos. Los dos primeros aparecieron ya en el Eoceno, es decir, hace unos 50 millones de años aproximadamente; el tercero, mucho más reciente, se diferenció 30 millones de años después.

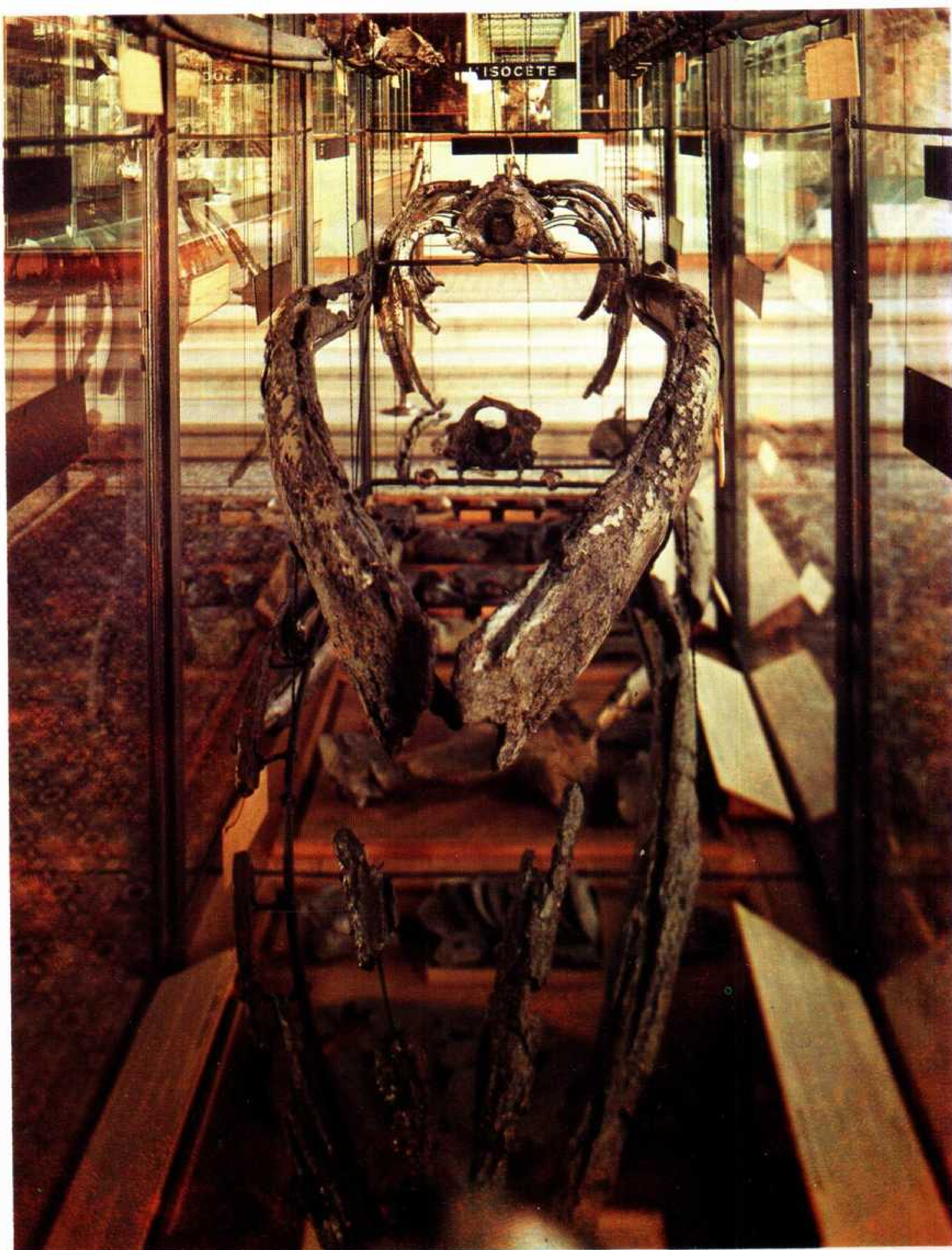
No se conoce muy bien todavía la paleontología de los sirénidos; algo más se sabe, pero poco igualmente, de la de los cetáceos. Se ha descubierto que los ancestros de las ballenas, ya con 20 metros de longitud, y llamados arqueocetos, vivían en los mares hace unos 45 millones de años. Pero, ¿de qué antepasados descendían ellos a su vez? En la actualidad, los especialistas se preguntan si la división entre cetáceos con dientes (delfines, cachalotes, orcas) y cetáceos con barbas o ballenas



La vuelta al mar. *Al regresar al mar, los mamíferos tuvieron que resolver numerosos problemas de adaptación: hidrodinamismo, etc. Los que salieron mejor parados fueron ciertamente los cetáceos. En la página siguiente: los restos de un esqueleto de* Isocetus, *uno de los animales más primitivos del orden. Arriba: una vértebra de* Ballena primigenia. *En la fotografía grande de arriba: osamentas de ballenas azules en una playa de la Antártida. Entre los demás mamíferos que volvieron al elemento líquido, los sirénidos tuvieron también cierto éxito (en la página siguiente, arriba:* Prototherium veronese, *un antepasado de los dugongos).*







(ballenas francas, balenópteros, ballenas grises, ballenas jorobadas) no ha quedado anticuada. Los dos grupos deberían tal vez incluso quedar separados; el origen de las ballenas con dientes (odontocetos) sigue siendo misterioso; las ballenas con barbas (misticetos) descenderían, por el contrario, de mamíferos terrestres insectívoros cuyo aspecto podría recordar al de los osos hormigueros. Para un cierto número de paleontólogos, no obstante, los arqueocetos representarían más bien el tronco común de todos los cetáceos.

En cuanto a los pinnípedos, constituyen claramente una rama marina del superorden de los carnívoros. Los primeros que se diferenciaron fueron las otarias (familia de los otáridos); luego vinieron las morsas (familia de los odobénidos); finalmente aparecieron las focas y los elefantes marinos (familia de los fócidos).

Los cambios del medio

A principios del Cenozoico, el aspecto de la Tierra empieza a ser el que nos es hoy familiar; sin embargo, subsiste un cierto número de diferencias de tamaño. Así, existe un puente de tierra entre Escandinavia y Groenlandia: el Atlántico Norte no ha terminado de abrirse. América del Norte y del Sur, aunque próximas, siguen separadas: América Central no es sino una salida del agua. También Europa y Africa siguen bastante distantes: la Tethis es amplia, constituye lo que se llama el gran geosinclinal Alpes-Mediterráneo-Himalaya; será de allí de donde surgirán pronto los Alpes y el Himalaya; el Mediterráneo se constituirá en simple reliquia suya. Entre Europa y Asia, el mar Uraliano (que ha vuelto a ensancharse en el Cretáceo) sigue abierto durante todo el Eoceno; la cadena de los Urales emergerá y se agrandará gradualmente durante el Oligoceno y el Mioceno. Durante los dos primeros tercios del Cenozoico, los mares están más bajos. Albergan a un tipo de foraminíferos gigantes muy particulares: los nummulites (género *Nummulites*). Estos animales, al morir depositan en el fondo del agua estratos de



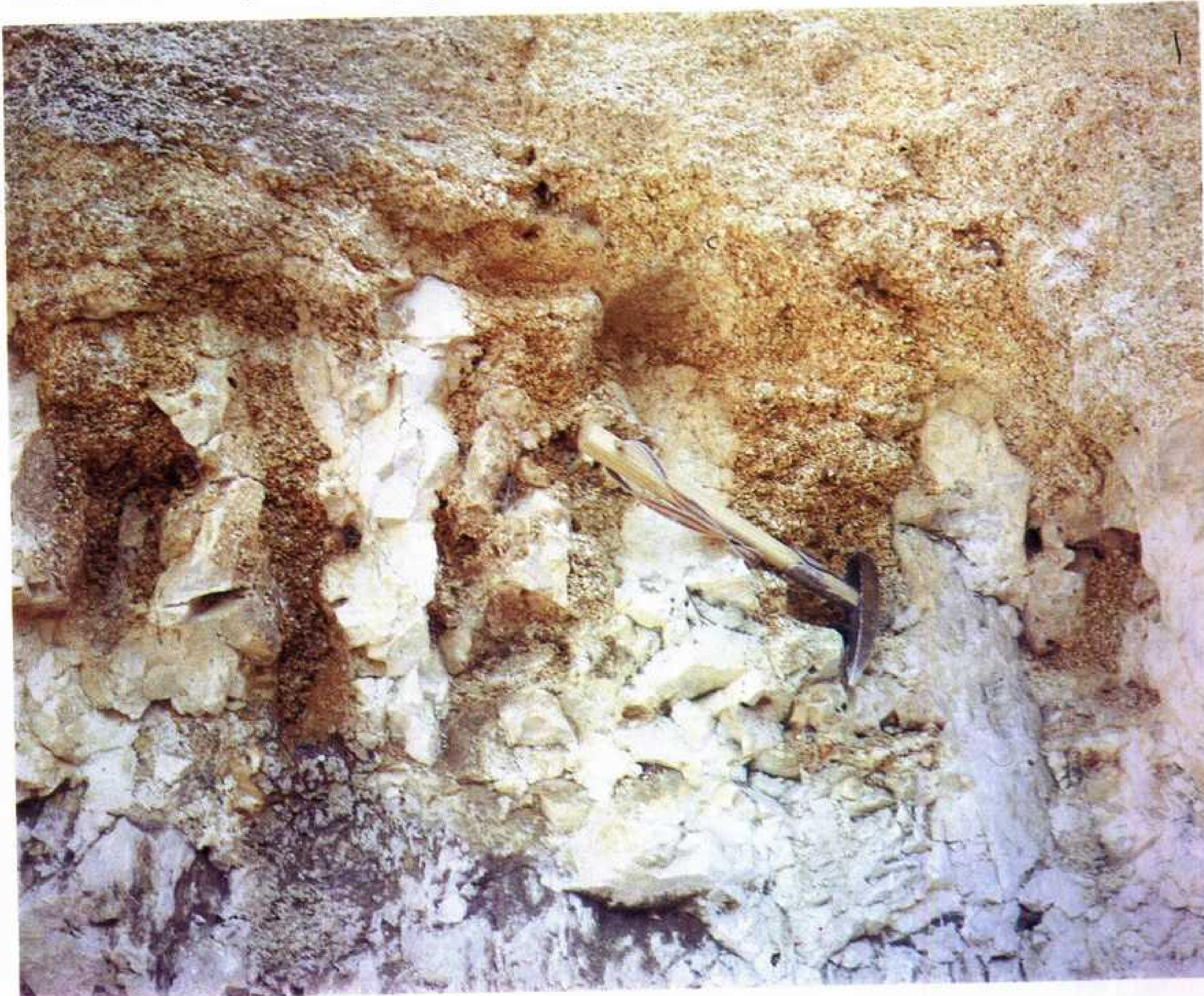
pequeñas conchas calcáreas de uno a tres centímetros de diámetro, parecidas a una moneda (en latín, *nummus*). Además de estos animales, los océanos acogen algas calcáreas (litotamnes), nautilos, equinodermos, moluscos lamelibranquios (ostras, etc.) y gasterópodos.

El final del Paleoceno y el Eoceno se caracteriza por un despertar más bien brusco de las fuerzas tectónicas en numerosas partes del mundo. La dorsal medioatlántica se torna muy activa en su parte septentrional: se separan Escandinavia y Groenlandia, y la «zona de tensión» islandesa se convierte en escenario de innumerables y abundantes erupciones volcánicas. También América del Sur continúa alejándose de Africa, y alberga una fauna muy original que evoluciona, como diríamos hoy, «en circuito cerrado».

En el océano Indico se están preparando ya dos acontecimientos muy importantes. Por una parte, la India, que se ha separado de la Antártida en la era Secundaria, llega a las inmediaciones de la masa continental asiática: la colisión provocará el cierre de la Tethis y la orogénesis del Himalaya. Por otra parte, Australia, que entonces se encontraba muy cerca de la Antártida en la era Secundaria, acelera su migración hacia el Norte. Se aísla de todas las demás tierras, razón por la cual su flora y su fauna se desarrollan y evolucionan de forma original: quedan en ella protegidos dos tipos de mamíferos primitivos, los monotremas (ornitorrincos y equidnas), que ponen huevos, y los marsupiales (canguros, koalas, wallabys), cuyos recién nacidos acaban su maduración en la bolsa ventral de la madre. Australia no estará ya en contacto con más seres vivos procedentes de otros continentes hasta la llegada de los hombres (probablemente ya en el Paleolítico, hace 125.000 años). Hasta fecha relativamente reciente se creía que Australia no había sido poblada por los humanos sino desde hace unos 30.000 años, pero recientes descubrimientos han probado que había que hacer retroceder considerablemente el tiempo en que se instalaron allí.

Por lo demás, estos hombres estuvieron probablemente acompañados por perros, de origen asiático, que acabarían asilvestrándose y se multiplicarían en estado salvaje. Se trata de los cánidos hoy día conocidos con el nombre de dingos.

Los albores del Cenozoico. *Los mares del Paleoceno y del Eoceno rebosaban de invertebrados, especialmente foraminíferos de gran tamaño. Aquí, al lado, de arriba abajo:* Hantkenina alabamensis, Alveolina fusiformis *y* Globorotalia velascoensis *(reconstruidas). Los foraminíferos más abundantes eran los nummulites (en la página anterior, abajo), así llamados por su forma de moneda (en latín:* nummus*). Abajo: rocas del Eoceno en un lecho de sedimentos del Cretáceo. En el dibujo de la página anterior, arriba, se advierte la presencia de numerosos peces cartilaginosos —tiburones (1) y rayas (2)—, peces óseos de los géneros* Caesio *(3) y* Holocentrus *(4).*







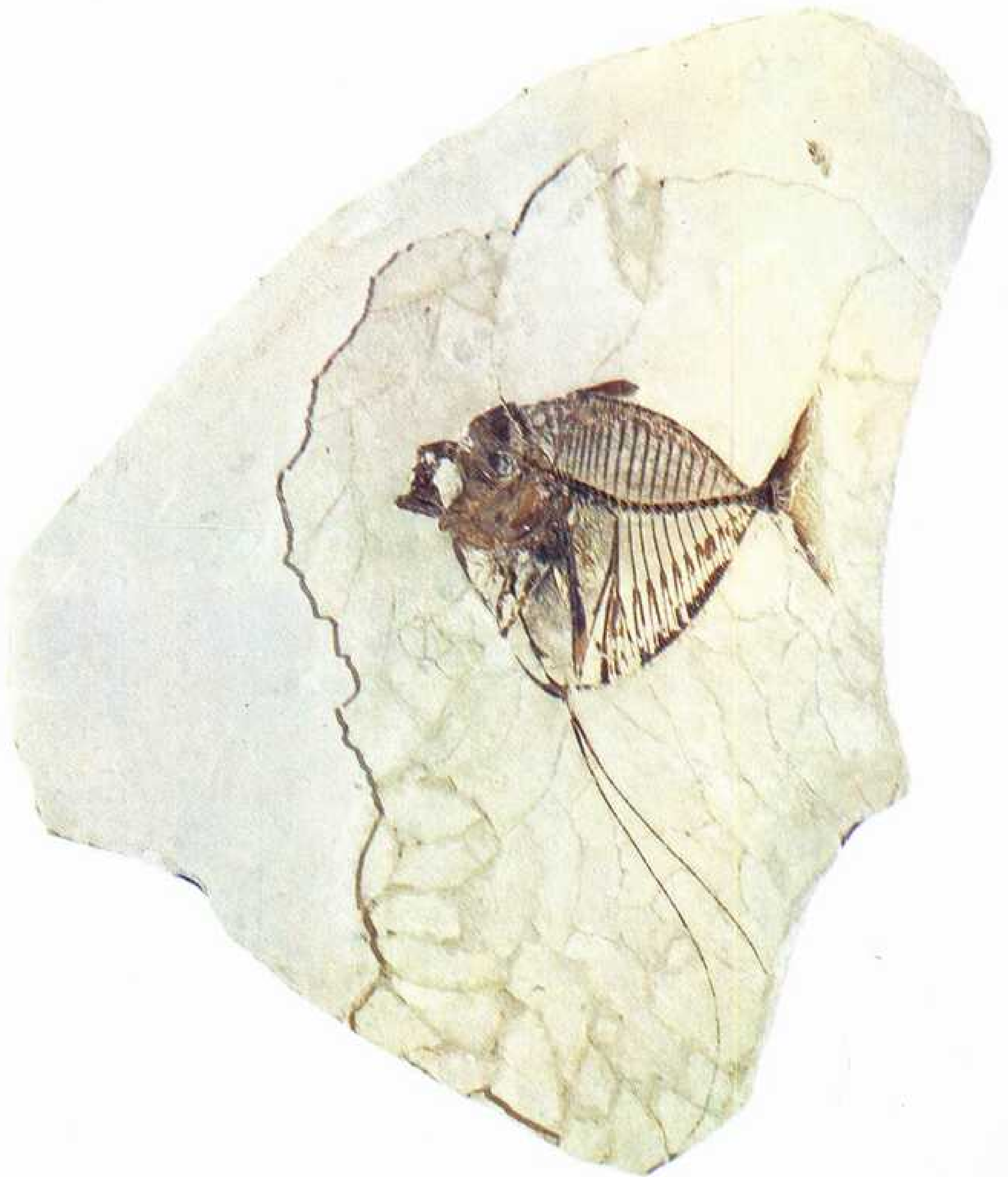
Un acuario petrificado. *Un gran número de peces se fosilizaron en los depósitos sedimentarios de las lagunas, en compañía de algas, celentéreos, esponjas, equinodermos, moluscos y crustáceos; en esos lugares, además, se encuentran restos de plumas de aves o de insectos como libélulas, cachipollas, etc. En general, los fósiles de todos estos animales resultan abundantes. Algunas de las especies que se encontraban entonces en los lugares pantanosos europeos viven hoy todavía en las regiones tropicales. En esta página, arriba, a la izquierda:* Platax pinnatiformis; *encima, a la izquierda:* Myripristis lanceolata; *encima, a la derecha:* Platax plinianus. *En la página siguiente, a la izquierda, de arriba abajo:* Mene rhombea, Scyliorhinus sp., Pseudogalaeus voltae; *a la derecha, de arriba abajo:* Naseus nuchalis, Mene rhombea; *abajo:* Fistularia longirostris, *de forma muy alargada.*

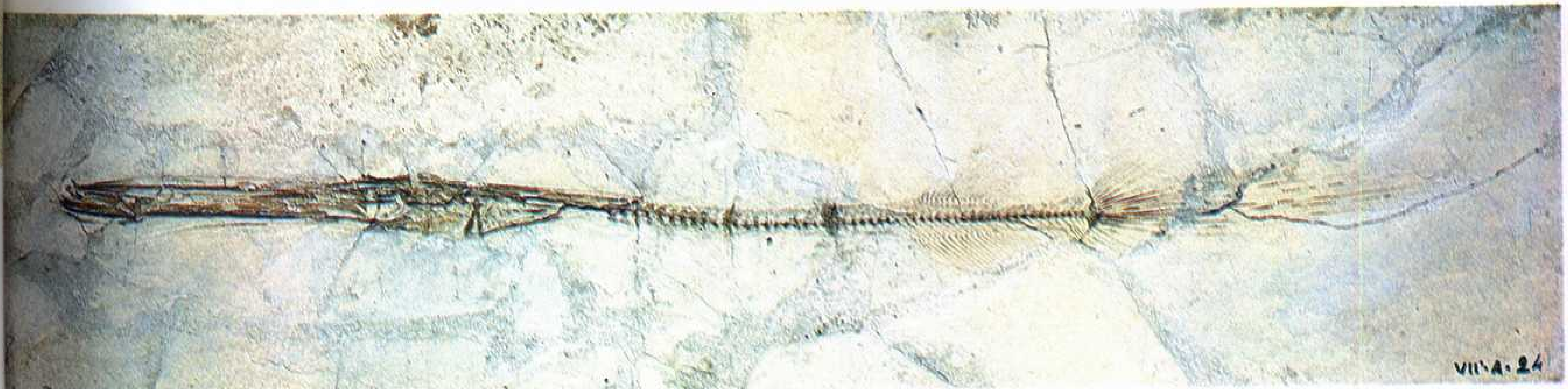



VIII C 59








VIII A 24

Los mares del Oligoceno

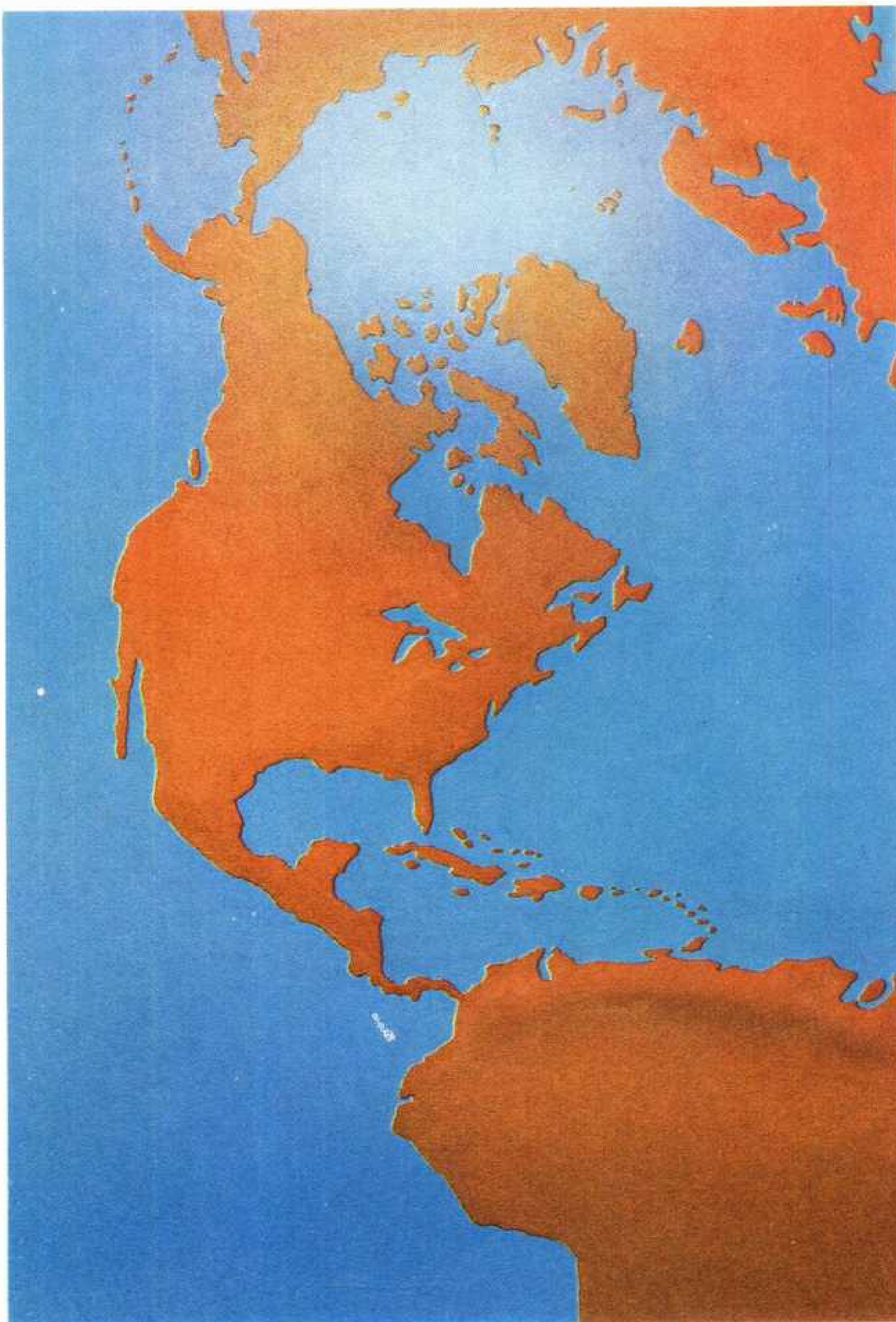
DURANTE todo el principio del Cenozoico, como dijimos ya, las condiciones ecológicas generales son bastante semejantes a las que imperaban durante el Cretáceo: el clima de la Tierra es templado o cálido; la Tethis cubre ampliamente la zona de las latitudes tropicales en el hemisferio Norte; el nivel de los mares es muy elevado; con frecuencia se establece a unos 250 metros sobre el nivel actual; en Europa, cuencas como las de París o de Londres están cubiertas todavía por el océano; las capas sedimentarias se acumulan en ellas: estas regiones son hoy excelentes lugares para estudiar la estratigrafía de la época. En América del Norte existen cuencas análogas (en las márgenes del golfo de México), así como en América del Sur, en el Sudeste Asiático y en Australia.

Si ya se anuncian en el Paleoceno y en el Eoceno, las grandes conturbaciones del Terciario comienzan verdaderamente en el Oligoceno. La señal la da, por así decir, la aparición de los Pirineos. La placa africana que sube hacia el norte en dirección de la placa europea acaba por chocar con ella, resultando de esta colisión una cadena de montañas que cierra la Tethis occidental (dando lugar a relieves anexos, como Córcega, Cerdeña, el Esterel...). La interrupción de la libre circulación de las aguas en la Tethis entre su parte atlántica y su parte eurasiática provoca profundos cambios en las condiciones ecológicas marinas.

Mientras que Africa cierra la Tethis en la región del futuro Mediterráneo, la India sube irresistiblemente hacia el norte. La surrección del sistema Alpes-Himalaya comienza a finales del Oligoceno por sucesivas oleadas. La máxima actividad tectónica —auténtico paroxismo— se situará en el período siguiente: en el Mioceno.

En el Oligoceno, el conjunto alpino occidental emerge ya del geosinclinal de la Tethis. Se yerguen los montes de Anatolia. Entre ésta, Anatolia y las alturas de Irán se constituye un brazo de mar repleto de corales. Es en este lugar privilegiado donde se acumularon los depósitos orgánicos de donde nacerá el petróleo del Oriente Medio.

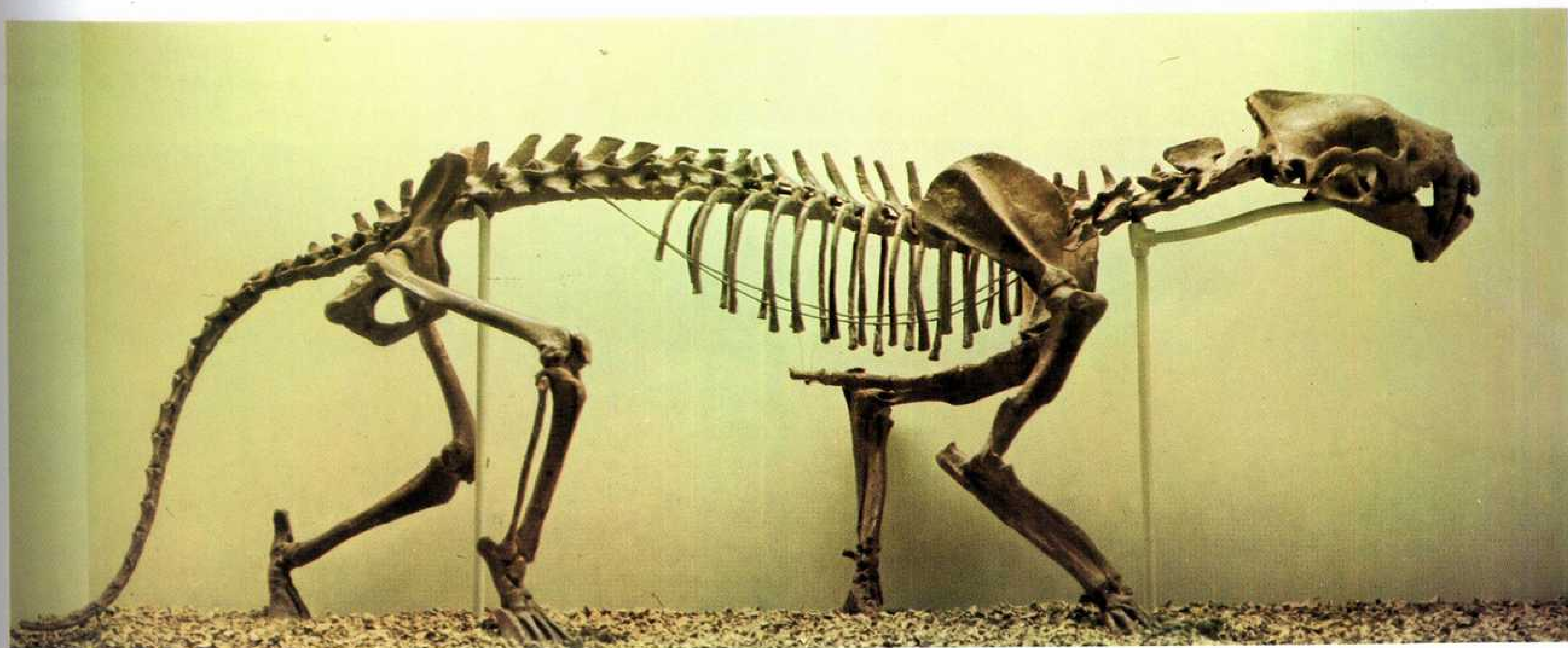
El enfriamiento general del clima en el Oligoceno se debe ciertamente al cierre, en muchos puntos, de la franja de la Tethis: la circulación oceánica ya no se establece como antes, de lo que resulta un descenso de algunos grados en la temperatura. Descenso que basta para provocar la constitución de los primeros glaciares de la Antártida. Baja también el nivel de los mares. En los polos se acumulan los hielos con cada vez mayor



Los puentes de tierra. *Contrariamente a los períodos anteriores, durante todo el Oligoceno el nivel de los mares estaba muy bajo. En consecuencia, numerosos puentes de tierra unían las islas y los continentes: así (mapa de la izquierda), el estrecho de Bering se transformó en un istmo entre Alaska y Siberia. Algunas especies conquistaron nuevos territorios. Mientras en los mares nummulites y foraminíferos continúan su expansión (abajo), en las tierras emergidas se diferenciaban los perisodáctilos (en la página siguiente, arriba, a la izquierda), los artiodáctilos (en la misma página, arriba, a la derecha) y los carnívoros, en especial los felinos (en esa página, al medio:* Hoplophoneus robustus, *propio de América del Norte). En cuanto a los quirópteros (en la página siguiente, abajo) reinventaron las alas, después de los insectos, los reptiles y las aves.*



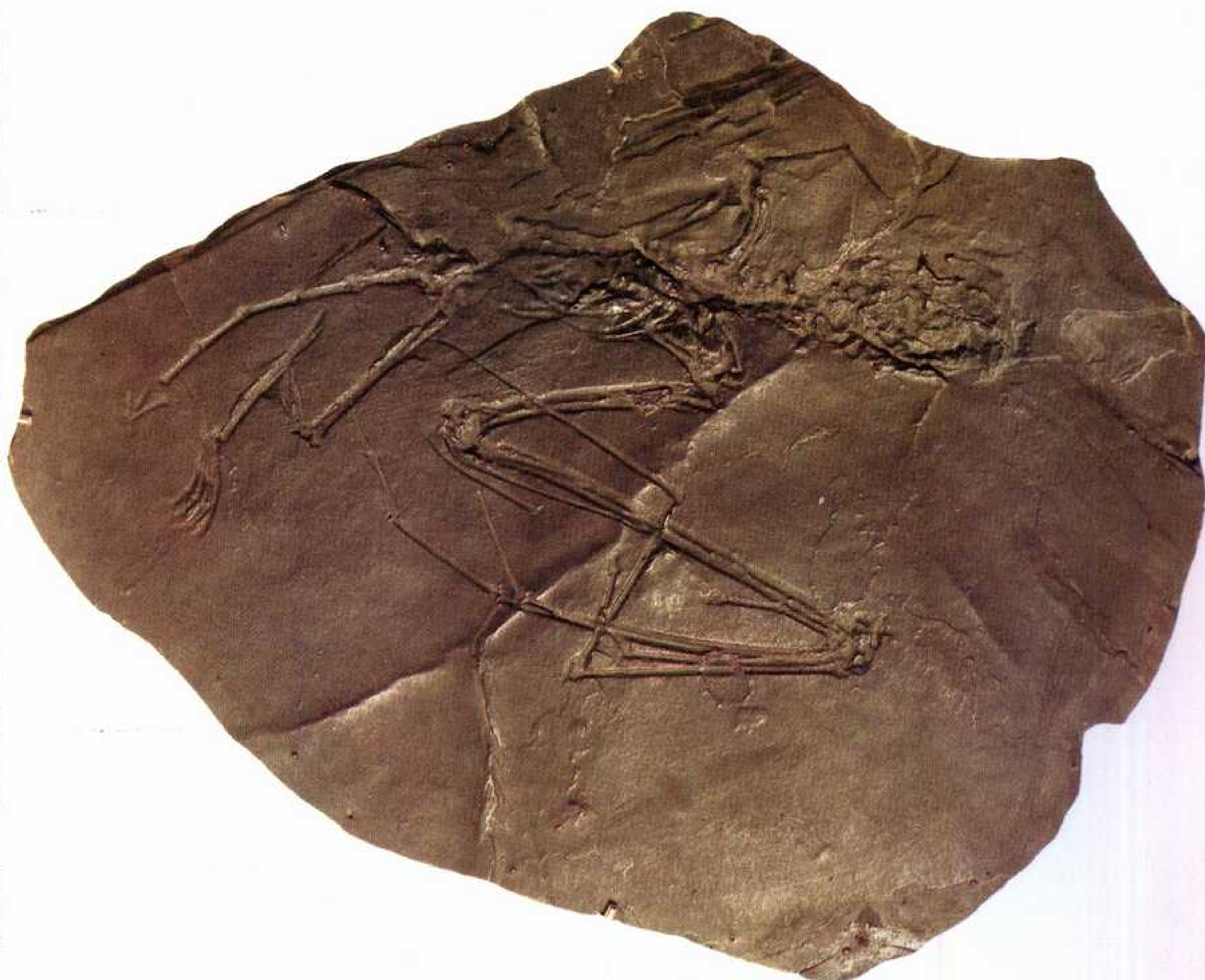




rapidez. Al ser menos fuerte la evaporación, las lluvias se hacen también más escasas. La sequía afecta a numerosos lugares. En los mares, el descenso de la temperatura se traduce en una elevación del porcentaje de anhídrido carbónico disuelto, y en la consiguiente disminución en cerca de 1.000 metros de la profundidad de compensación del carbonato de calcio (esta circunstancia sería suficiente para explicar que los depósitos de caliza del Oligoceno escaseen en el fondo del océano actual, y que incluso este estrato falte totalmente en numerosos puntos, como lo han probado abundantemente las muestras de sedimentos obtenidas en el transcurso del *Deep Sea Drilling Project)*.

En los huecos de acumulación sedimentaria poco profundos, por el contrario, son importantes los depósitos del Oligoceno. Están bien representados en la cuenca parisiense por la arcilla verde de Romainville, la caliza de Sannoise y las arenas de Fontainebleau.

En la región de Etampes es donde se encuentran más suelos de este tipo, de tal manera que se los conoce con el nombre genérico de Estampiano.



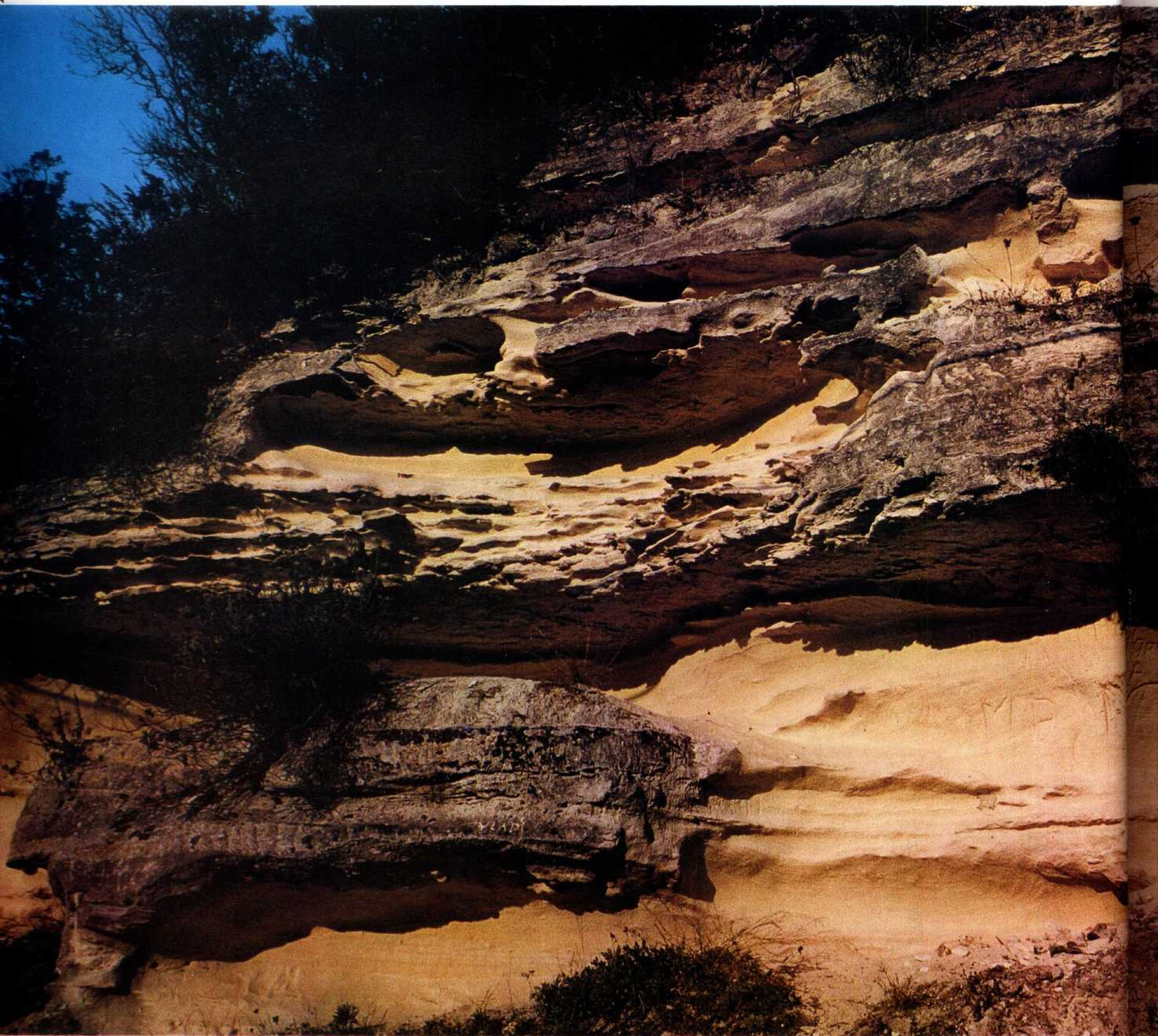
Los mares del Mioceno

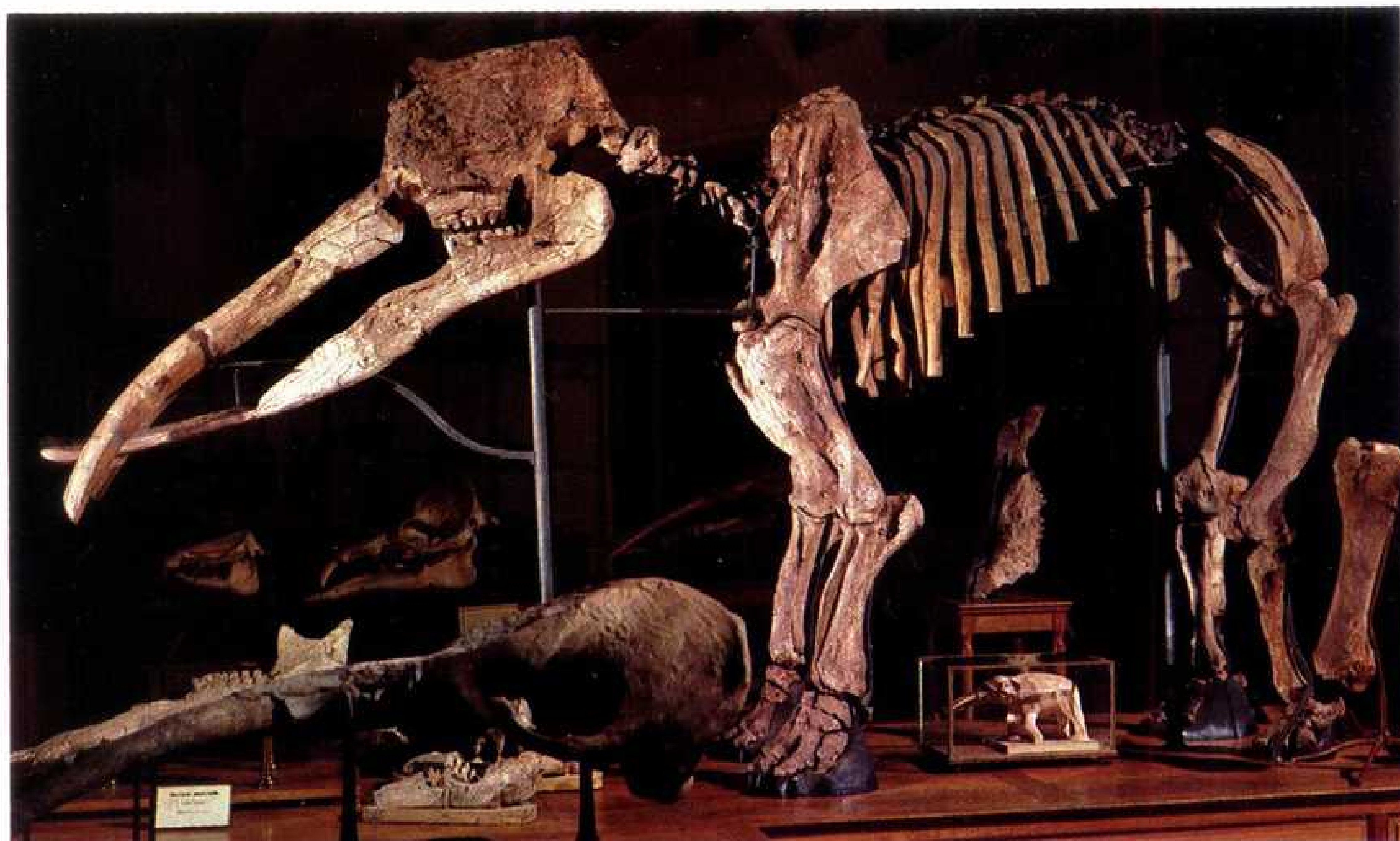
DESPUÉS del período frío del Oligoceno, el Mioceno se caracteriza por un retorno a las temperaturas moderadas o cálidas. En los fondos de los mares profundos se acumulan espesos depósitos pelágicos; sube la profundidad de compensación del carbonato de calcio, y los estratos correspondientes están bien representados en las muestras sedimentarias. El paso del Oligoceno al Mioceno marca, sobre todo en los mares, la rápida y total desaparición de los nummulites. Otra brusca extinción...

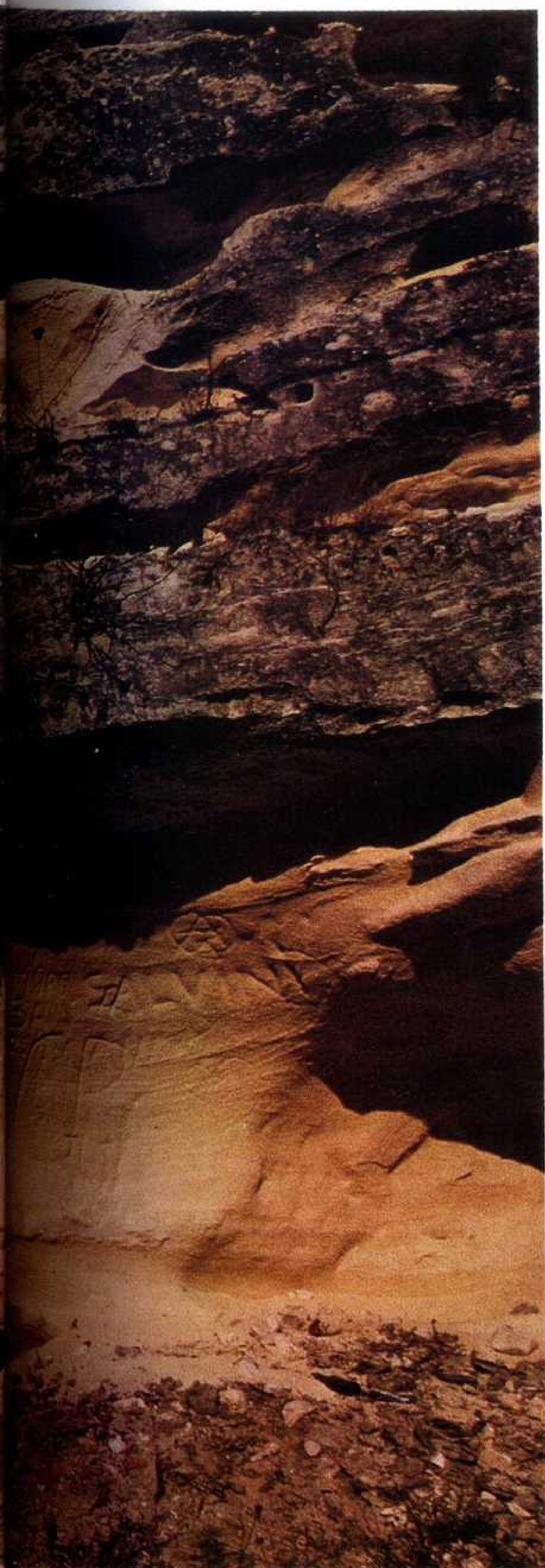
Se aceleran los acontecimientos tectónicos. Se suceden las orogénesis con una potencia que no se había observado nunca desde la era Primaria. En numerosos puntos del globo se activan las dorsales medio-oceánicas. Comienza a abrirse el mar Rojo, siguiendo el trazado de una antigua línea de fractura que se remonta al Precámbrico. Este brazo de mar se prolonga en un golfo que corresponde a las partes bajas de las actuales Somalia y Djibuti. Este golfo experimenta una impresionante sucesión de aperturas y de cierres; mientras se comunica con mar abierto, alimenta una fauna numerosa y variada; luego se cierra, y sus aguas se evaporan, dejando enormes depósitos de sal, algunos de los cuales alcanzan los 6.000 metros de espesor.

Es en esta época también cuando empieza a abrirse el golfo de California, proceso de ensanchamiento que no se ha podido descubrir bien todavía; sin embargo, es seguro que el ahondamiento de la bahía de California se efectuó gracias a una serie de fallas sucesivas, la más importante de las cuales (en relación directa con la dorsal medio-pacífica) es la de San Andrés. La historia de este fragmento de costra terrestre está por lo demás lejos de haber terminado, puesto que la falla de San Andrés continúa funcionando y tiende inexorablemente a hacer de la península de California y del sur de la California americana una auténtica isla.

El Mioceno sigue siendo el gran período del plegamiento alpino. Este último empieza antes y continuará más tarde, en el Plioceno. Pero es entonces cuando aparecen los mayores macizos. Estos están rodeados al oeste por un surco marino (el futuro valle del Ródano), al sur por el Mediterráneo nuevamente formado, y al norte por una sucesión de cuencas unidas entre sí, la Paratethis, y que cubren lo que forma hoy Hungría, Rumania, el mar Negro y el mar Caspio.









Fósiles bien conservados. *En cierto modo, en el transcurso del Mioceno la clase de los mamíferos alcanzó la cima de su curva evolutiva (exceptuada la rama de los primates). Entonces vivían, por ejemplo, los mastodontes (arriba), esos lejanos parientes de los elefantes, que se extinguieron en el Pleistoceno. En el Mioceno se precisa igualmente la evolución de numerosas plantas con flores. Muchos árboles actuales ya estaban entonces representados; la impronta fósil de una hoja de chopo, aquí al lado, es prácticamente idéntica a la que dejaría un chopo moderno. La fotografía grande de esta doble página muestra una formación rocosa típica del Mioceno, cerca de Bonifacio, en Córcega.*

Los Cárpatos surgen en la prolongación de los Alpes centrales, y a su vez el Cáucaso se eleva. En Asia se constituyen las montañas más altas de la Tierra: la placa de Arabia bascula hacia el este y da origen a los montes Zagros, en Irán; las cimas del Hindu Kus y del Himalaya surgen del geosinclinal de la Tethis, bajo los embates de la placa Indica.

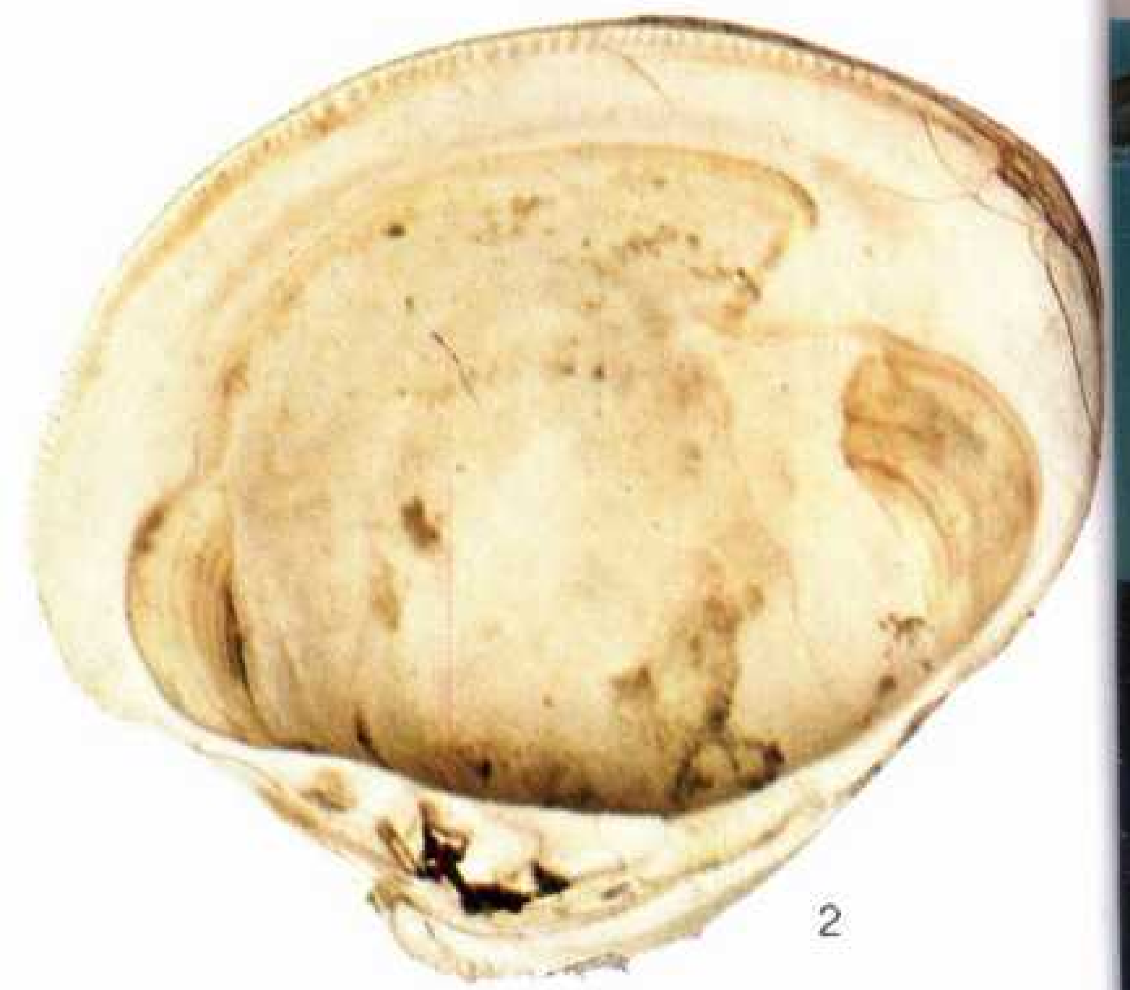
Los seísmos que acompañan a estos colosales cataclismos son, por su parte, de una inimaginable potencia. Allí donde unas placas se hunden bajo otras, dan lugar a titánicas manifestaciones volcánicas. Los cráteres del macizo central, de Italia, del mar Egeo, de Indonesia, del Japón, escupen millones de toneladas de lava, y a veces explotan en el curso de erupciones cataclísmicas... ¡Ruido ensordecedor! ¡Ciertamente se puede decir, en vista de cuanto aquí se ha narrado, que la era Terciaria no fue una época que se caracterizara precisamente por el reinado de la calma en el globo!

Los mares del Plioceno

El Mioceno terminó hace unos 11 millones de años, y el Plioceno cierra la era Terciaria (dura hasta −3 millones de años). Desde el punto de vista tectónico, este nuevo período se caracteriza a veces por un retardo, y a veces por una aceleración, de los grandes movimientos del Mioceno. Prosigue activamente la orogenia de los Alpes, del Cáucaso, de los montes de Asia Menor y del Himalaya. Es la época, por ejemplo, en que la cuenca del Po se ahonda, mientras que inmensas capas de acarreo confieren su fisonomía particular a los macizos centrales de los Alpes.

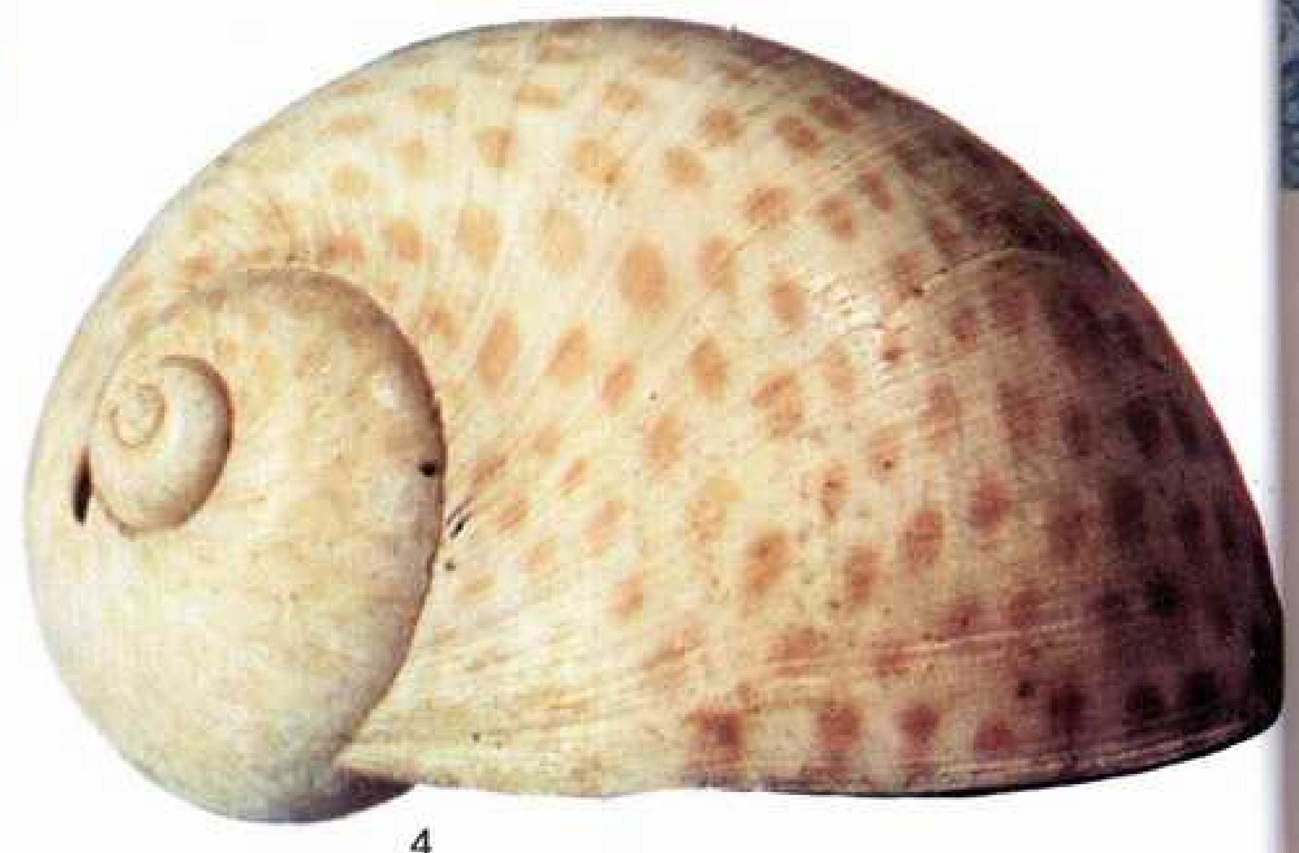
En el Plioceno, los volcanes del Macizo Central francés están en plena actividad. El Cantal es tan enorme como el Etna actual: mide 3.000 metros de altura y 60 kilómetros de diámetro. Europa alberga flora, algunos de cuyos géneros son indígenas en la actualidad, mientras que otros se volvieron exóticos (*Ginkgo, Paulownia*). La fauna incluye mastodontes, tapires, hipariones, rinocerontes, osos, monos, antílopes, etc. El clima, cálido aún, comienza a enfriarse.

Los mares adoptan su aspecto actual. Los arcos insulares que unen al Sudeste Asiático con Australia acaban por establecerse en su lugar. Hacia finales del Plioceno, es decir, en una época muy reciente en términos geológicos, el juego de las placas de

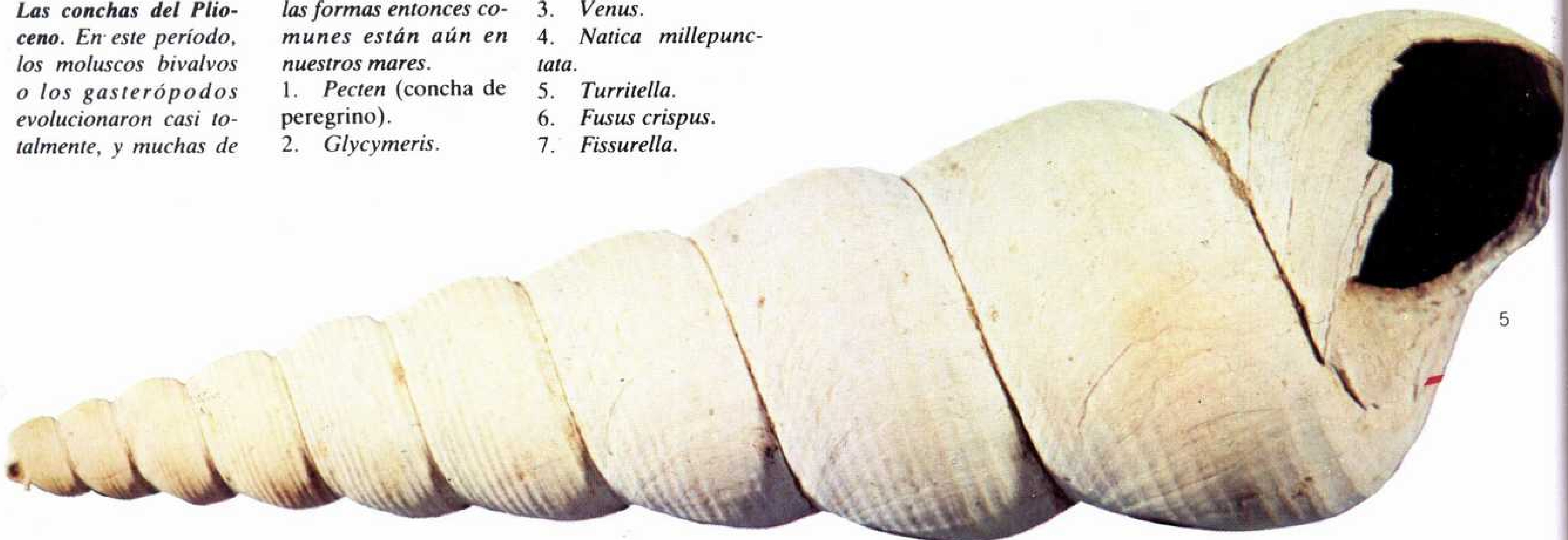




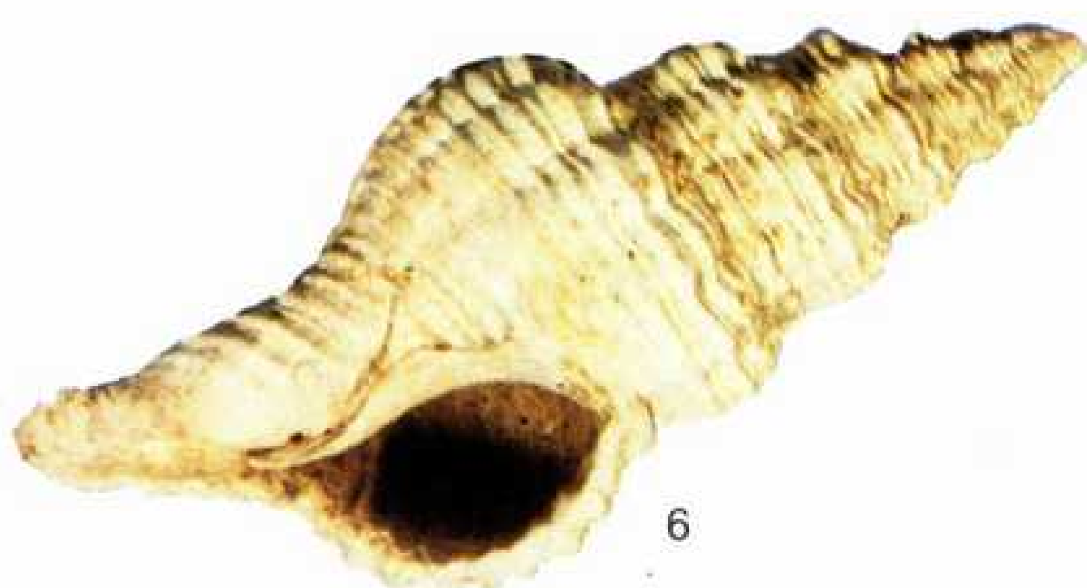


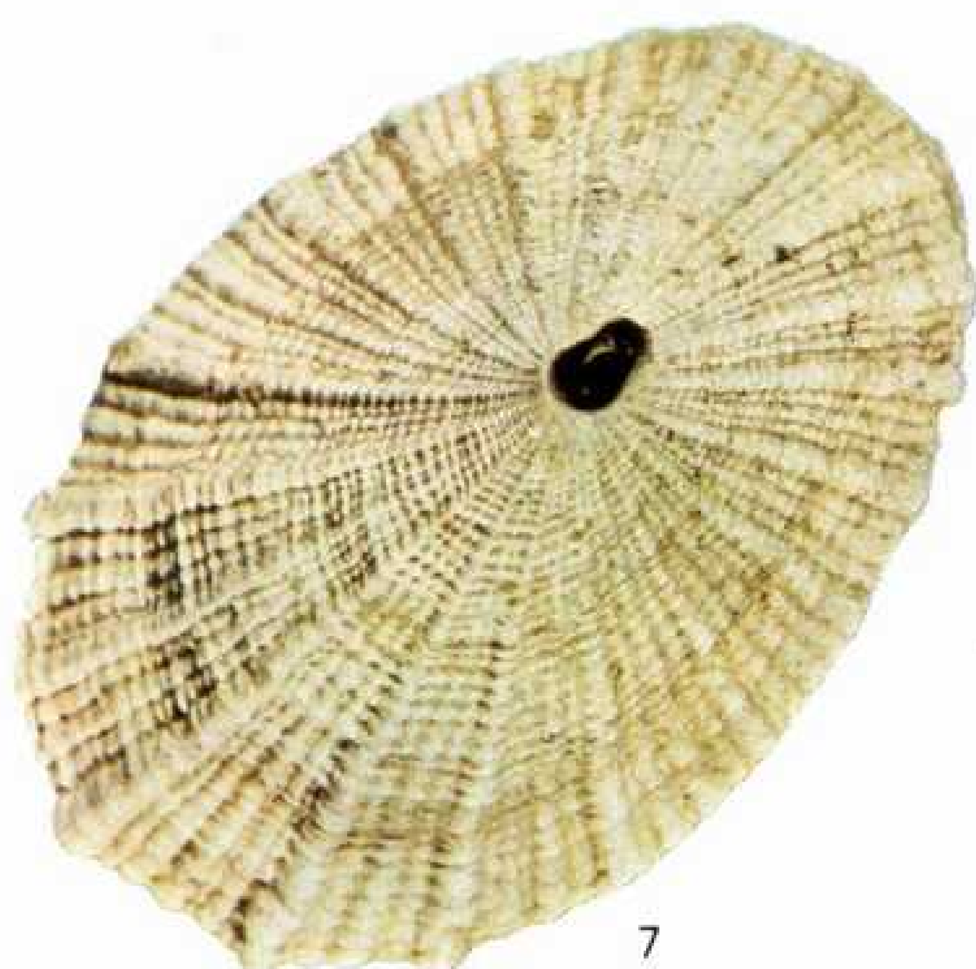


Las conchas del Plioceno. *En este período, los moluscos bivalvos o los gasterópodos evolucionaron casi totalmente, y muchas de las formas entonces comunes están aún en nuestros mares.*
1. *Pecten* (concha de peregrino).
2. *Glycymeris.*
3. *Venus.*
4. *Natica millepunctata.*
5. *Turritella.*
6. *Fusus crispus.*
7. *Fissurella.*



Formas marinas modernas. La fauna oceánica del Plioceno es similar en muchos puntos a la contemporánea nuestra. Los animales del bentos consisten sobre todo en esponjas, moluscos bivalvos y gasterópodos, briozoos y celentéreos (corales, anémonas de mar, gorgonias). Los crustáceos bentónicos no difieren prácticamente de sus descendientes actuales. Asimismo, los peces podrían ser reconocidos por cualquier pescador, como estas morenas (1). Ballenas (2) y delfines (3) frecuentan la alta mar. Abajo, a la derecha: arenas fosilíferas de la época, con numerosas inclusiones de conchas.







América del Norte, de América del Sur, del Pacífico Norte y del Pacífico Sur (placa Nazca), provoca la surrección del istmo de Panamá, que une a las dos Américas. Estos dos continentes, gemelos en la actualidad, habían tenido de hecho un destino diferente desde el Precámbrico; hasta hace 3,5 millones de años no se emparejarán.

Hacia mediados del Plioceno —esto es, hace unos seis millones de años—, el Mediterráneo fue escenario de una serie de acontecimientos que interesa reseñar. En efecto, en aquel momento, el ascenso de la placa africana hacia Europa provocó el cierre del estrecho de Gibraltar (o de su equivalente, por lo menos). La cuenca mediterránea recibe numerosos ríos (Ebro, Ródano, Po, Danubio, Nilo, etc.); pero la intensa evaporación que se produce es tan grande que estos ríos no bastan para compensar las pérdidas de agua debidas al calor del Sol. Normalmente, el océano Atlántico colma el déficit, al verter cada año millones de toneladas de agua con la corriente superficial de Gibraltar. Cuando este estrecho se cierra, el Mediterráneo se evapora: se transforma primeramente en una serie de lagos hipersalados, y luego se seca. Esto se produce hace unos seis millones de años. El primero que tuvo una idea de este hecho fue el profesor Giuliano Ruggeri, paleontólogo de la universidad de Palermo. La hipótesis fue confirmada por los muestreos del *Glomar-Challenger*, en el marco de la operación *Deep Sea Drilling Proyect*. Según estos últimos, por lo demás, es tanto el espesor de las capas de sal que en el fondo del Mediterráneo prueban que en otro tiempo se vació, que puede deducirse que hubo *varios* desecamientos sucesivos. Durante los períodos en que no había agua, las islas mediterráneas estaban unidas a las tierras continentales. Al reabrirse el estrecho de Gibraltar, de nuevo quedaron aisladas. Esta sucesión de etapas explica ciertas particularidades de su fauna y de su flora. En cuanto a la fauna misma del Mediterráneo, es de origen totalmente atlántico. Los animales procedentes del océano colonizaron la cuenca marina cuando la reapertura de Gibraltar provocó la aparición de una gigantesca cascada de relleno, entre España y Marruecos.



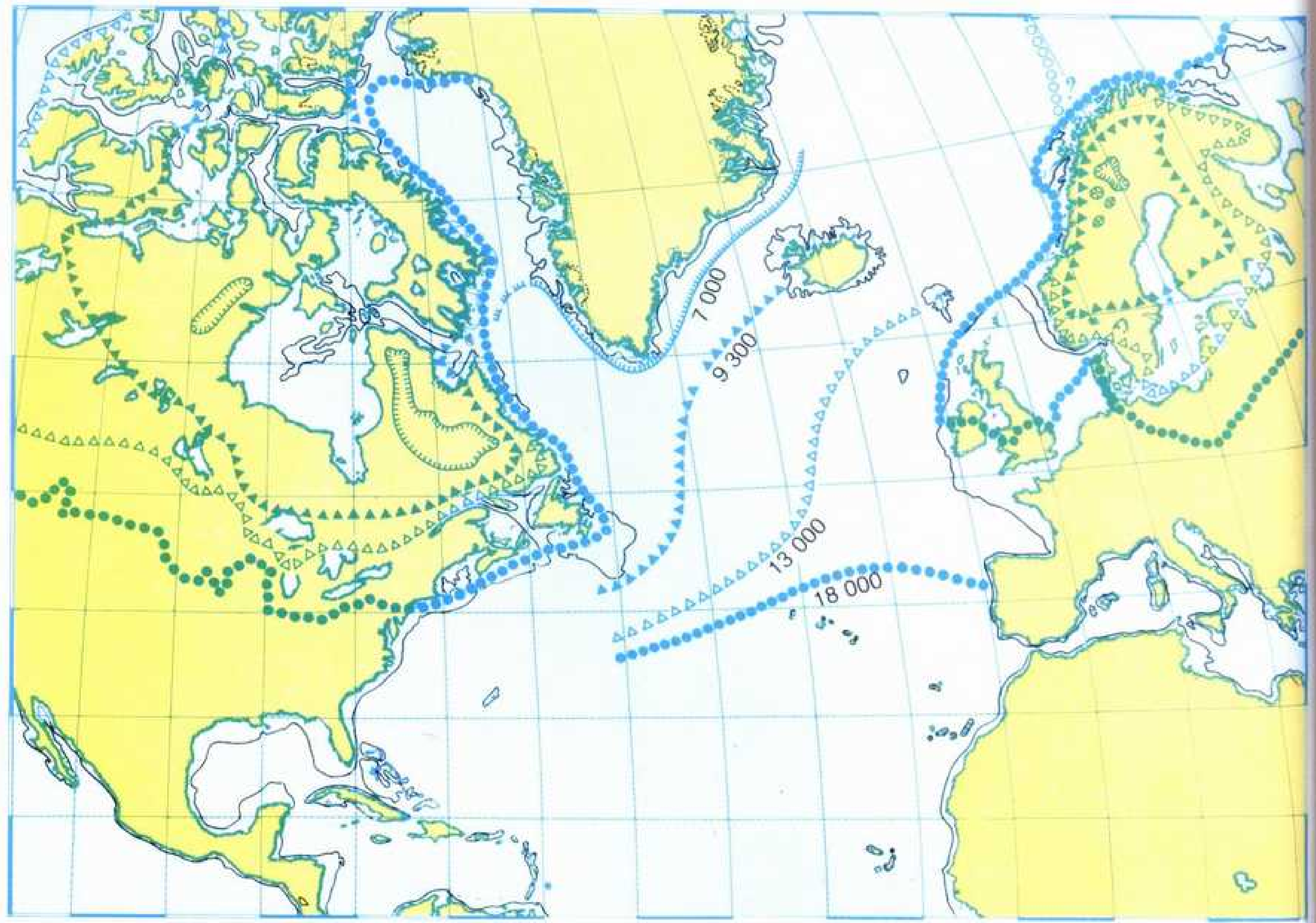
Creta del Messiniano. *Es cierto que, a finales del Mioceno o a principios del Plioceno, el Mediterráneo se secó completamente al cerrarse el estrecho de Gibraltar. Al evaporarse, el agua dejó en el fondo enormes acumulaciones sedimentarias de yeso (arriba: en Creta; abajo: en Corfú) y de sal. Cuando el estrecho se abrió de nuevo, las aguas del Atlántico llenaron en gigantesca cascada la cuenca mediterránea. Todos los animales mediterráneos actuales proceden del Atlántico.*

Los mares de la era glacial

El tiempo del diluvio

La noción de era Cuaternaria es muy antropomórfica: se basa fundamentalmente en la consideración de la aparición del hombre y de sus ancestros directos. Sin embargo, se puede justificar parcialmente por consideraciones objetivas, al decir que corresponde también a los tiempos de gran inestabilidad climática, caracterizados especialmente por sucesivas glaciaciones separadas por interglaciaciones.

Hace ya tiempo que los observadores han advertido la presencia de relieves y depósitos glaciares lejos de los glaciares actuales. Casi por todas partes de la Europa central y septentrional, así como en Canadá y al norte de Estados Unidos, se encuentran antiguos valles visiblemente excavados por potentes glaciares hoy ya desgastados, morrenas fósiles y gruesas rocas llamadas bloques erráticos. Estos últimos fueron transportados no ya por las aguas del diluvio —como hasta el si-



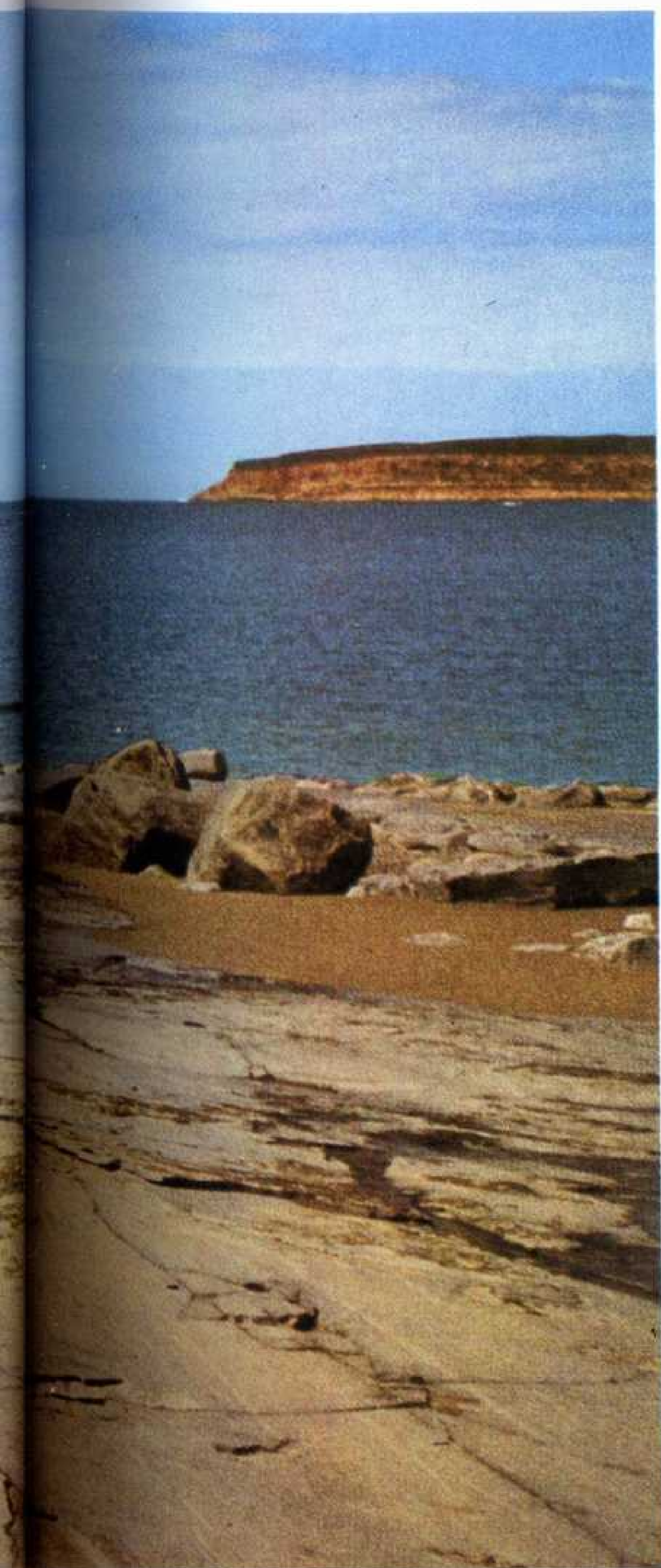
glo XIX se pensaba—, sino lisa y llanamente por gigantescas lenguas glaciares. A partir de la publicación de trabajos de Horace Bénédict de Saussure, a finales del siglo XVIII, se sabe que los glaciares de los Alpes, y especialmente del valle de Chamonix, son capaces de avanzar o de retroceder en función de los datos climáticos a medio plazo. No resultaba difícil imaginar variaciones aún más amplias, en cuyo transcurso los avances de las lenguas de hielo no se cifrarían ya en centenares de metros, sino de kilómetros, cuando no en miles de kilómetros. Tal fue la conclusión de los geólogos.

La sucesión de glaciaciones e interglaciaciones durante el Cuaternario se ha establecido con bastante rapidez a grandes rasgos. Para ello se tomaron como base diferentes índices. Los fósiles proporcionaron valiosísimos datos. Así, los estratos abundantes en mamuts y en renos fueron los que se depositaron durante los períodos fríos, mientras las capas con elefantes e hipopótamos caracterizan a los períodos cálidos. El estudio de la flora permite hacer observaciones similares. El análisis de las modificaciones del nivel del mar, que se inscribe en ciertos lugares en forma de una sucesión de terrazas características, aporta otras confirmaciones suplementarias. Los períodos glaciares se saldaron, en efecto, con la formación de enormes casquetes helados en el Artico y en el Antártico. Fue tan grande la cantidad de agua evaporada y transformada en hielo, que el nivel general de los mares bajó de 100 a 200 metros en el curso de los períodos más fríos.

Ahora se sabe que no se necesita mucho para provocar una glaciación. El descenso de la temperatura media de la Tierra, en estas ocasiones, no pasa de los 5 °C. Pero aún no se ha encontrado una explicación satisfactoria del mecanismo que desencadena estas fases climáticas.

No faltan las teorías al respecto, pero ninguna es totalmente convincente: la deriva de los continentes, la migración de los polos, las fases de la actividad solar y muchos otros factores deben de tener también una influencia. Los astrónomos aluden al paso de la rama de nuestra galaxia que comprende el sistema solar por las cercanías de los centros de atracción que constituyen las Nubes de Magallanes; o bien piensan que en el espacio galáctico existen nubes de polvo estelar que el Sol y sus planetas deben atravesar ocasionalmente, y que absorben las radiaciones.

En la actualidad, también el hombre influye en el clima: el aumento del porcentaje de gas carbónico en la atmósfera, debido a la combustión de carburantes fósiles, provoca un «efecto de invernadero» que calienta la superficie del globo. Pero los especialistas vacilan en pronunciarse sobre las consecuencias que, a largo plazo, determinará este tipo de contaminación que hasta ahora no había existido: esta es la pregunta, ¿nueva era caliente o nueva era glacial?





Los glaciares se mueven. La época de mayor expansión del casquete polar boreal se sitúa hace unos 17.000 ó 18.000 años aproximadamente. El inlandsis cubría entonces buena parte de América del Norte, de Europa y del Asia septentrional. El mapa de la página anterior, arriba, da una idea de las variaciones de la extensión de los hielos desde entonces. Hace 6.000 años —por tanto, muy recientemente— el nivel de los mares se estableció en su actual altitud. Al avanzar, los glaciares transportaron muy lejos bloques de rocas —a veces enormes—, que abandonaron luego al retirarse, y que se llaman bloques erráticos (en la página anterior, en la orilla de la bahía de Hudson, en América septentrional; aquí arriba, cerca de Girvan, en Escocia).

Las terrazas marinas

YA en el siglo XVIII, el gran naturalista sueco Carl von Linné (el padre de la clasificación binominal de las especies) había observado que Escandinavia tiende a levantarse, algo así como un tapón de corcho que subiera muy lentamente a la superficie del agua. En el siglo XIX, otros investigadores encontraron pruebas de la variación reciente del nivel del mar: Charles Darwin las halló en América del Sur, y Robert Chambers describió las que afectan a las islas Británicas en una obra titulada *Ancient Seamargins* (1848).

El principio en que se basan estas observaciones es simple. En el borde de las costas se forman playas. Si baja el nivel del mar, o si el continente se levanta, la playa se alza en relación con el nuevo nivel del océano, y se convierte en una terraza marina. Existen, así, playas vestigiales a más de 100 metros por encima del nivel actual del mar, y otras, por el contrario, anegadas bajo más de 150 metros de agua. El estudio de la situación de estas terrazas y de los fósiles que esconden permite establecer una cronología confiable de las glaciaciones y de las sucesivas interglaciaciones.

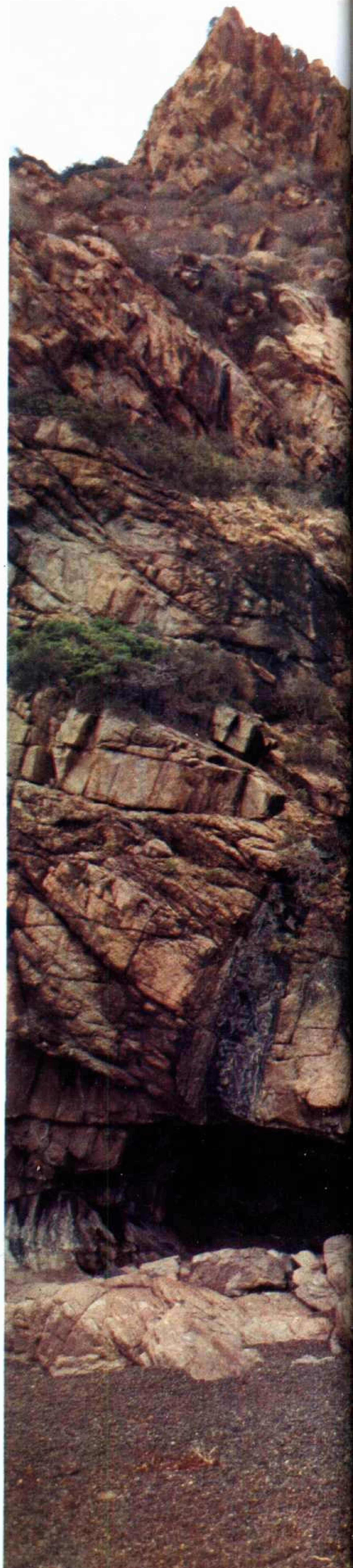
Fue un general de artillería francés llamado De Lamothe quien, por puro pasatiempo, trazó el primer mapa de las terrazas marinas que había observado en las costas argelinas. Estos trabajos fueron de inmediato discutidos y apreciados en el mundo entero. Habiendo hecho la mayoría de las observaciones primeramente en el Mediterráneo, los geólogos adoptaron nombres relativos a las regiones de este mar cuando quisieron bautizar los niveles encontrados. Uno de los lugares más propicios para el estudio de las terrazas marinas es el conjunto formado por la península Itálica, sus prolongaciones insulares y los parajes cercanos. Esta región, en efecto, se levanta con regularidad, y las terrazas se constituyen en ella rápidamente. De este modo se distinguen seis pisos marinos del Cuaternario; el Calabrese, el más antiguo, cuyos depósitos se encuentran en la cota +180 metros, en Calabria, y que se caracteriza por su fauna de tipo boreal; el Siciliano (cota +95 a +100 metros); el Milazziano; el Tirrénico (subdividido en tres fases, I, II y III); el Monastiriano, y el Nissard. Naturalmente, las alturas a las que llegaron las diferentes playas de edades idénticas varían con la actividad tectónica de la microrregión respectiva; así, mientras las terrazas tirrénicas están generalmente a +15 ó +30 metros, en Calabria se encuentran a +100 metros y a +300 metros en el istmo de Corinto.

Todos los métodos para fechar los depósitos estudiados presentan ventajas e inconvenientes. Los geólogos y paleontólogos intentan confrontarlos aplicándolos a muestras idénticas: del «diálogo» surge a menudo la verdad. Una de las técnicas más seguras, por lo que se refiere a los 30.000 años que acaban de transcurir (Holoceno), es la del carbono 14 (C_{14}).

Al comparar el contenido de los fósiles vegetales y animales en este isótopo del carbono 12 con el contenido normal de los tejidos vivos, se calcula qué proporción de este carbono 14 se ha desintegrado; como se conoce con precisión la velocidad de desintegración del radio-isótopo (su período), se deduce de ello cuántos años han pasado desde la muerte de la planta o del animal.

Pero cuando nos remontamos más atrás de 30.000 años, hay que recurrir a otros métodos. Ciertos isótopos radiactivos se prestan al mismo tipo de análisis que el carbono 14. Y se recurre, evidentemente, a los conocimientos adquiridos por los paleontólogos. Estos saben por experiencia que tal o cual fósil caracteriza con toda seguridad a una determinada capa de terreno, a tal período cumplido.

Los muestreos llevados a cabo en los hielos de Groenlandia y en la Antártida proporcionan, por su parte, buenos resultados. Se ha observado, efectivamente, que el hielo se ha acumulado en los inlandsis polares desde hace por lo menos 200.000 años, y que cada capa de nieve caída puede jugar, a los ojos del especialista, el mismo papel indicador que los anillos de crecimiento de un árbol a los ojos del que quiere saber su edad. No sólo las muestras de hielos polares permiten hoy reconstruir los climas del globo desde hace 120.000 años (otros sondeos, ahora en curso, deben remontarse más atrás todavía), sino que proporcionan valiosas indicaciones sobre la actividad volcánica de cada época (abundancia o ausencia de cenizas), sobre la flora que reinaba (el viento arrastra granos de polen hasta las inmediaciones de los polos), sobre el porcentaje de CO_2, etc.



***Los refugios mediterráneos.** El Mediterráneo, primeramente seco y luego lleno otra vez, fue poblado por animales llegados del Atlántico: todos los que antes albergaba desaparecieron. Algunos de los nuevos ocupantes eran de origen boreal. Otros, por el contrario, procedían del Atlántico tropical. Desde entonces se han mantenido en los cálidos refugios mediterráneos, como los dos gasterópodos de la página siguiente (a la izquierda:* Strombus bubonius; *a la derecha:* Patella ferruginea). *Las demás fotografías de esta doble página muestran formaciones geológicas del Pleistoceno, en Porto, Córcega (a la izquierda), en La Castella, Calabria (arriba, a la derecha), y en las Baleares (en el centro, a la derecha).*







Los grandes períodos glaciales



FUERON seis los períodos glaciales y las interglaciaciones de la era Cuaternaria. Reciben nombres diferentes en Europa y en América del Norte. Las dos más antiguas, llamadas de Biber y de Donau, no son bien conocidas: sus vestigios fueron borrados o modificados por las glaciaciones posteriores.

Las cuatro glaciaciones más recientes, llamadas «clásicas», han sido estudiadas en Europa tanto a partir de rastros de morrenas del casquete helado (inlandsis) que se estableció en Escandinavia, como observando las morrenas de los glaciares de los Alpes. El islandsis escandinavo, muy semejante al que cubre hoy la Antártida, abarcaba, en su máxima extensión, unos ocho millones de kilómetros cuadrados; su espesor superaba los 2.000 metros. Se extendía hacia el sur, hasta el actual emplazamiento de Londres y de Praga, y cubría los lugares que ocupan hoy día Berlín y Moscú. Al mismo tiempo, el nivel de los mares había bajado considerablemente: el canal de la Mancha estaba seco; en el Mediterráneo, las Baleares, Córcega, Cerdeña, Sicilia, Creta y Chipre estaban unidas a las tierras continentales.

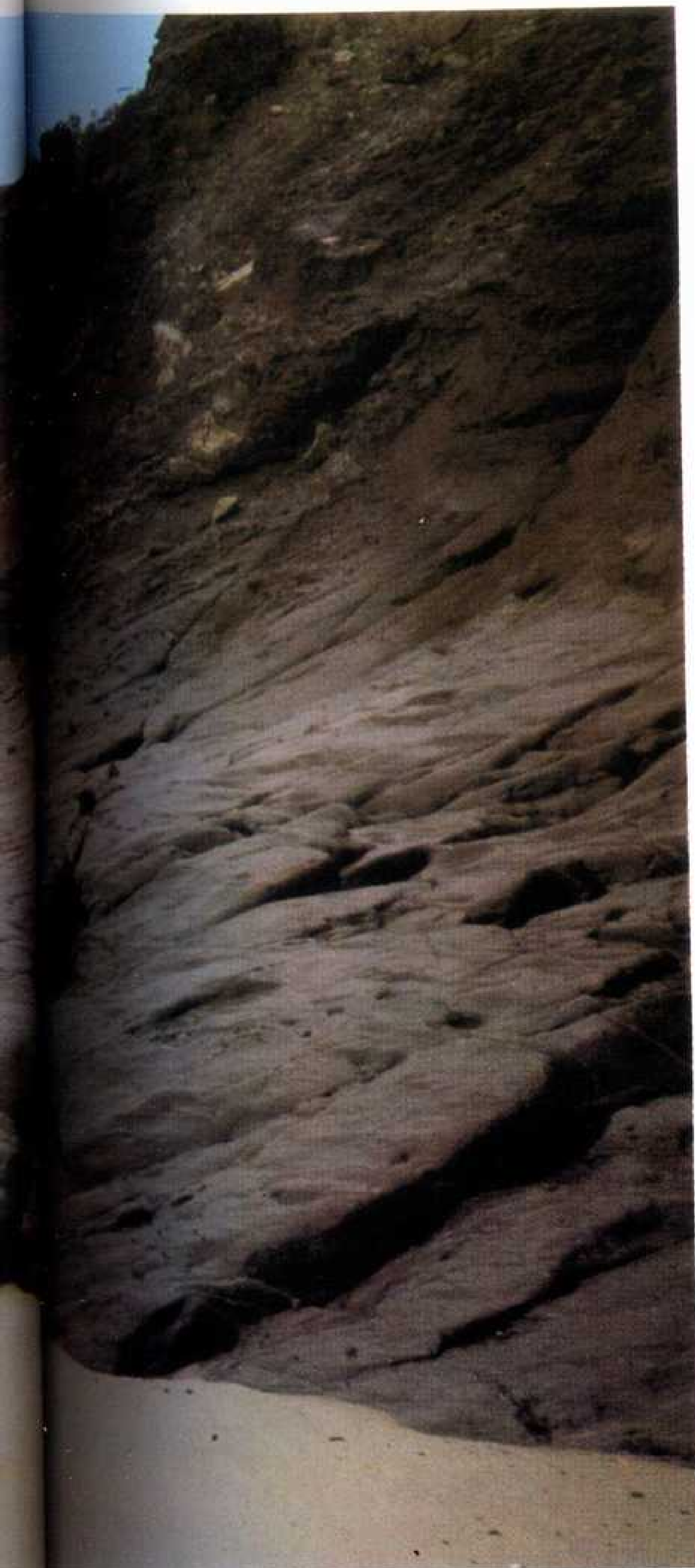
Las cuatro grandes glaciaciones europeas, definidas con relación al casquete helado escandinavo, son (por orden cronológico) las del Elba, la del Elster (el río que pasa por Leipzig), la del Saale y, finalmente, la del Vístula.

Las mismas glaciaciones, estudiadas en los glaciares de los Alpes (especialmente por A. Penck y E. Brückner, en 1909, en los Alpes de Suabia y de Baviera), reciben nombres diferentes: la glaciación de Günz corresponde a la del Elba; la de Mindel (del nombre del afluente del Danubio) equivale a la del Elster; la de Riss (un afluente del Danubio también), a la del Saale, y, finalmente, la de Würm (otro afluente del Danubio), a la del Vístula.

La glaciación de Würm —la última que la Tierra ha conocido— se subdivide a su vez en tres o cuatro etapas, según los autores. Fue probablemente algo menos rigurosa que la precedente, la de Riss, en cuyo transcurso los glaciares de los Alpes bajaron por debajo de Lyon y cubrieron incluso las primeras pendientes del Macizo Central. En lo más duro de la glaciación de Würm, hace 17.000 años, el nivel general de los mares había bajado, sin embargo, unos 170 metros.

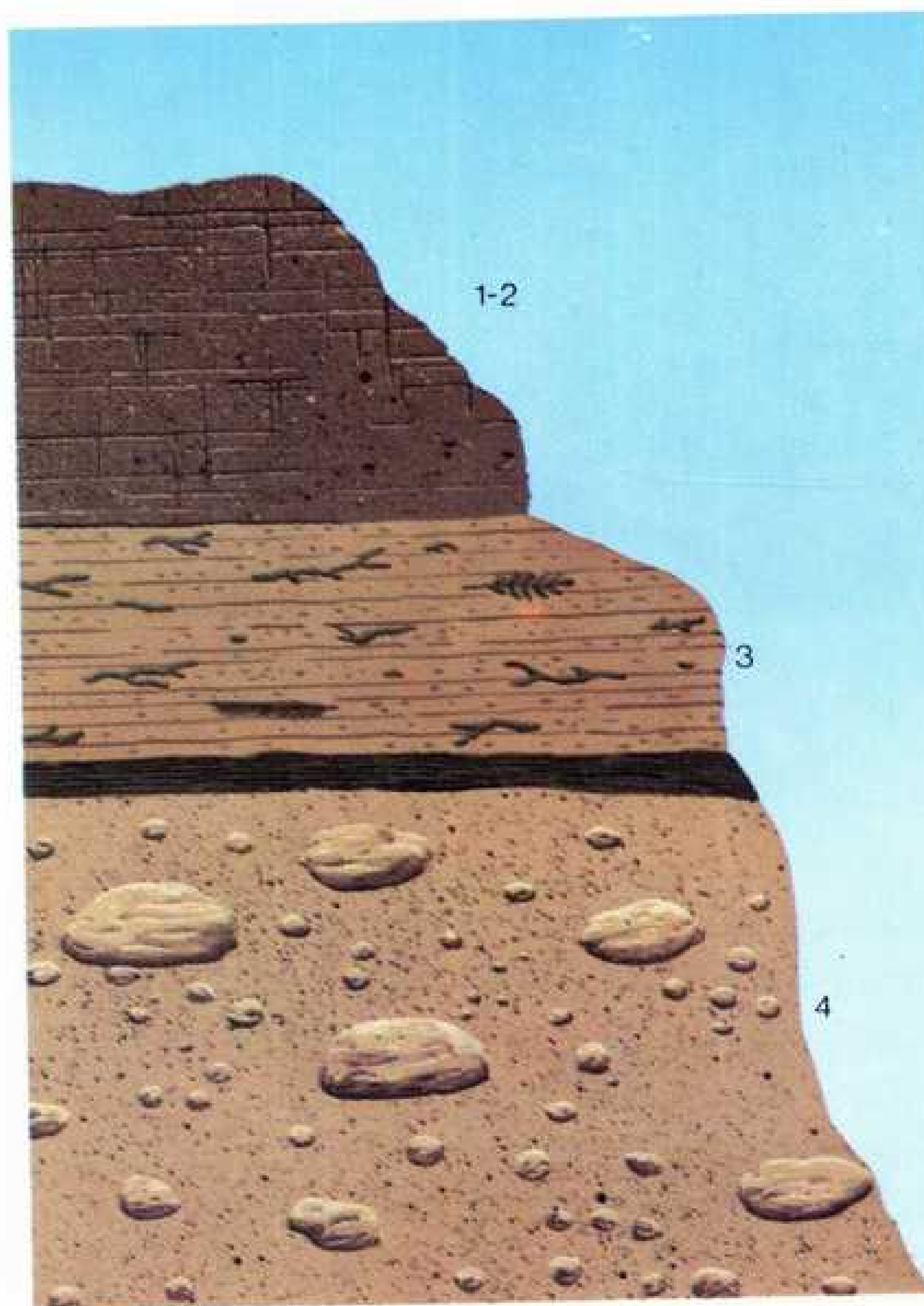
Los períodos interglaciales (Günz-Mindel, Mindel-Riss, Riss-Würm) tuvieron una duración desigual. De todas maneras, el deshielo de los casquetes es lento, por ser grande la inercia térmica del hielo. Durante estas fases, los datos de la geografía fueron a veces desconcertantes. Así, mientras la Mancha y el mar del Norte estaban vacíos, el Sena vertía en el Atlántico en algún lugar entre Finisterre y el Cornouaille inglés; el Rin, tras recibir como afluentes al Támesis en su ribera izquierda y al Elba en su margen derecha, atravesaba todo el actual mar del Norte y acababa en el Atlántico en la latitud norte de Escocia.

La interglaciación que vivimos en la actualidad, y que se llama Holoceno, co-



menzó hace unos 10.000 años. El nivel general de los mares había subido para entonces: de −170 metros en lo más fuerte de la glaciación de Würm, se estableció en −35 ó −40 metros. Fue hace 6.000 años cuando llegó al nivel actual. Desde entonces no ha experimentado sino ligeras fluctuaciones que nunca han excedido de los tres metros más o menos. Los grandes ciclos climáticos, que se ponen de manifiesto gracias principalmente a los muestreos en el inlandsis antártico, no han dado ya lugar a tan bajas temperaturas como para que los casquetes polares se extendieran en grandes proporciones. Los hombres de Neanderthal, nuestros viejos parientes, pero también los de Cromagnon, nuestros directos antepasados, vivieron las glaciaciones del Cuaternario. Cuando los glaciares aumentaron, tuvieron que evacuar inmensos territorios, refugiarse en el mediodía, cambiar de alimentación (por ejemplo, sustituir el antílope y el hipopótamo por el reno y el mamut). Las épocas de los grandes fríos debieron de ser para ellos una temible prueba; pero las aprovecharon también para conquistar tierras hasta entonces inaccesibles. Fue en el curso de las glaciaciones cuando pasaron de Siberia a la América septentrional a través del estrecho de Bering, entonces seco; cuando poblaron Inglaterra e Irlanda las islas del Mediterráneo, el archipiélago Indonesio y Australia. Con mucha frecuencia, como en Australia, la subida del nivel del mar en el curso de la interglaciación siguiente aisló a las poblaciones conquistadoras.

Al final de la cuarta glaciación, el hombre había pintado ya los maravillosos frescos de Lascaux y de Altamira (que datan de hace más de 12.000 años). Cuando se estabilizó el nivel de los mares, hace 6.000 años, el período Neolítico se había establecido ya ampliamente en el Medio Oriente, en China y en Europa; dejando de ser ya mero cazador-recolector; el *Homo sapiens* se convertía en pastor y agricultor. Y empezaba incluso a construir los primeros poblados.







Las variaciones del nivel del mar. *El esquema de al lado y las fotografías de esta página muestran diferentes manifestaciones del nivel del mar: 1. Plana de marea con anélidos excavadores. 2. Arenas finas y arcillas marinas. 3. Charcas costeras con plantas halófilas, y constitución de turba. 4. «Morrena» de fondo. Página anterior: playa y rocas del Holoceno, en Australia.*





La fauna del Cuaternario



La era Cuaternaria —esto es, los tres millones de años aproximadamente que acaban de transcurrir— se caracteriza así por una rápida alternancia de enfriamientos y calentamientos. Naturalmente, estas variaciones climáticas van acompañadas de notables cambios ecológicos que repercuten en la fauna y la flora.

Durante las épocas de avance de los hielos, los ecosistemas polares, caracterizados especialmente por las vastas extensiones de tundra, descienden hacia el sur. La fauna «fría» la constituyen en especial renos, lobos, tigres de dientes de sable, osos, bueyes almizcleros, bisontes, uros (ancestros de los toros modernos) y rinocerontes lanudos; los caballos, antílopes saigas y espermófilos, procedentes del Asia central y septentrional, ampliaban sus dominios; pero el principal personaje del ecosistema glaciar es, naturalmente, ese enorme paquidermo con colmillos curvados hacia arriba. El mamut constituyó una fuente de alimento para los hombres cazadores del Paleolítico; abundaba tanto en Europa que sus colmillos fósiles eran aún en la Edad Media la principal fuente de marfil.

Para contrarrestar las difíciles condiciones de la glaciación, los animales desarrollaron órganos o comportamientos especiales. Casi todos los mamíferos se procuraron espesos pelajes y pellizas. Algunos adquirieron reservas de grasa que les permitían pasar los interminables inviernos en estado de hibernación (osos, marmotas). Otros tuvieron que hacer largas migraciones en busca de alimento (renos, bisontes).

Durante los períodos interglaciares, la fauna «fría» se dirigía a los parajes boreales y dejaba de nuevo el sitio a la «fauna cálida», compuesta especialmente de elefantes, leones, hipopótamos, rinocerontes de Merck, monos, antílopes de varios tamaños...

Una de las particularidades de la era glacial fue el gran número de especies gigantes que comportó. Además de los mamuts y los osos de las cavernas, hay que citar los castores gigantes de América del Norte (de más de 2,50 metros de largo) y los elastómeros (especie de rinocerontes asiáticos dos veces más largos que los rinocerontes actuales, y dotados de un cuerno nasal que superaba los dos metros). Los gigantopitecos, con tres metros de altura, eran los más grandes de los primates. En cuanto a los megaceros *(Megaceros)*, eran cérvidos enormes cuyos cuernos cobraron absurdas dimensiones, lo que originó probablemente su desaparición. Como es ley casi universal, los climas fríos favorecieron la aparición de animales gigantescos en todos los géneros. En las islas, por el contrario, se diferenciaron especies enanas: había, así, elefantes enanos en Córcega, en Cerdeña, en Sicilia, en Malta, etc., cuyos restos, por lo que respecta a las cavernas sicilianas, dieron tal vez origen al mito homérico de los Cíclopes.





Glaciaciones e interglaciaciones. *Durante todo el Cuaternario, es decir, durante los tres últimos millones de años, se observa una alternancia de periodos fríos y de periodos más clementes, descubierta y estudiada por geólogos, climatólogos, paleobotánicos y paleontólogos. La llegada de cada uno de ellos se manifestaba en cambios considerables de la fauna. Entre los animales «fríos» (dibujo de la página anterior), podemos citar al mamut lanudo (1), el rinoceronte lanudo (2) y el buey almizclero (3); sólo este último existe todavía en la tundra polar norteamericana. Entre los representantes de la fauna «cálida», hay que mencionar (en América del Norte, dibujo de esta página) el mamut imperial (1), el perezoso gigante (2), una especie de coyote llamado* Canis dirus *(3), el tigre de dientes de sable (4), un caballo primitivo (5), el antilocabra (6) y el buitre (7). Encima, a la izquierda: cráneo del león de las cavernas; a la derecha: el cráneo y los cuernos desmesurados del ciervo macho* Cervus megaceros.

70 millones de años



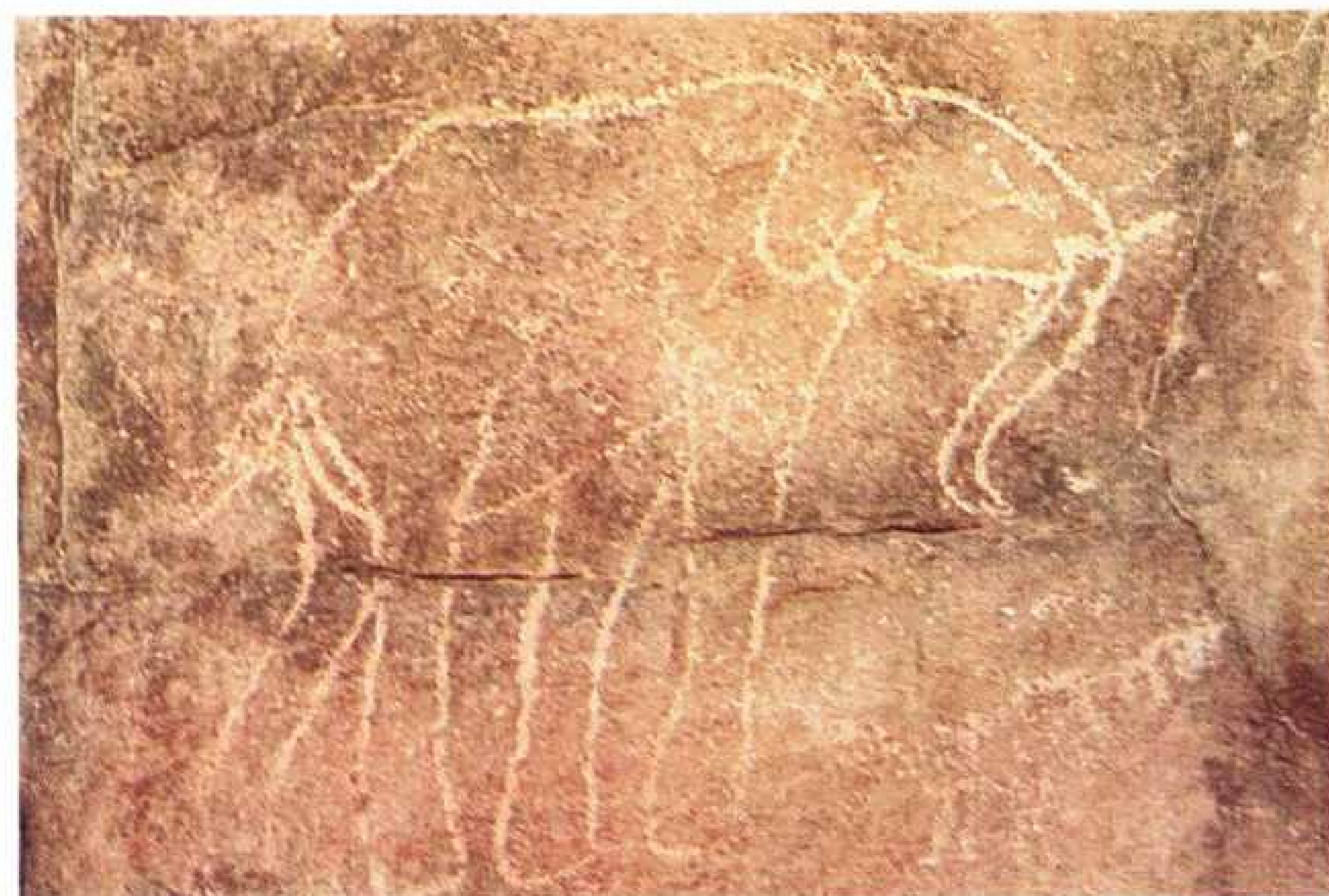
PLESIADAPIS

MONOS DEL NUEVO MUNDO

MONOS DEL ANTIGUO MUNDO

HOMBRE





La aparición del hombre. *El inicio de la rama del hombre se puede remontar a unos 70 millones de años, cuando un pequeño protoprimate decidió abandonar el suelo para refugiarse en los árboles. En realidad, la historia del hombre propiamente dicho es mucho más reciente: comienza hace unos tres millones de años en Africa oriental, con un australopiteco llamado «hábil»* (habilis). *El* Homo sapiens, *con 50.000 años de antigüedad, pronto desplegó sus habilidades artísticas (arriba, grabados rupestres hallados en los montes Tassili, en el desierto del Sáhara).*

25 millones de años

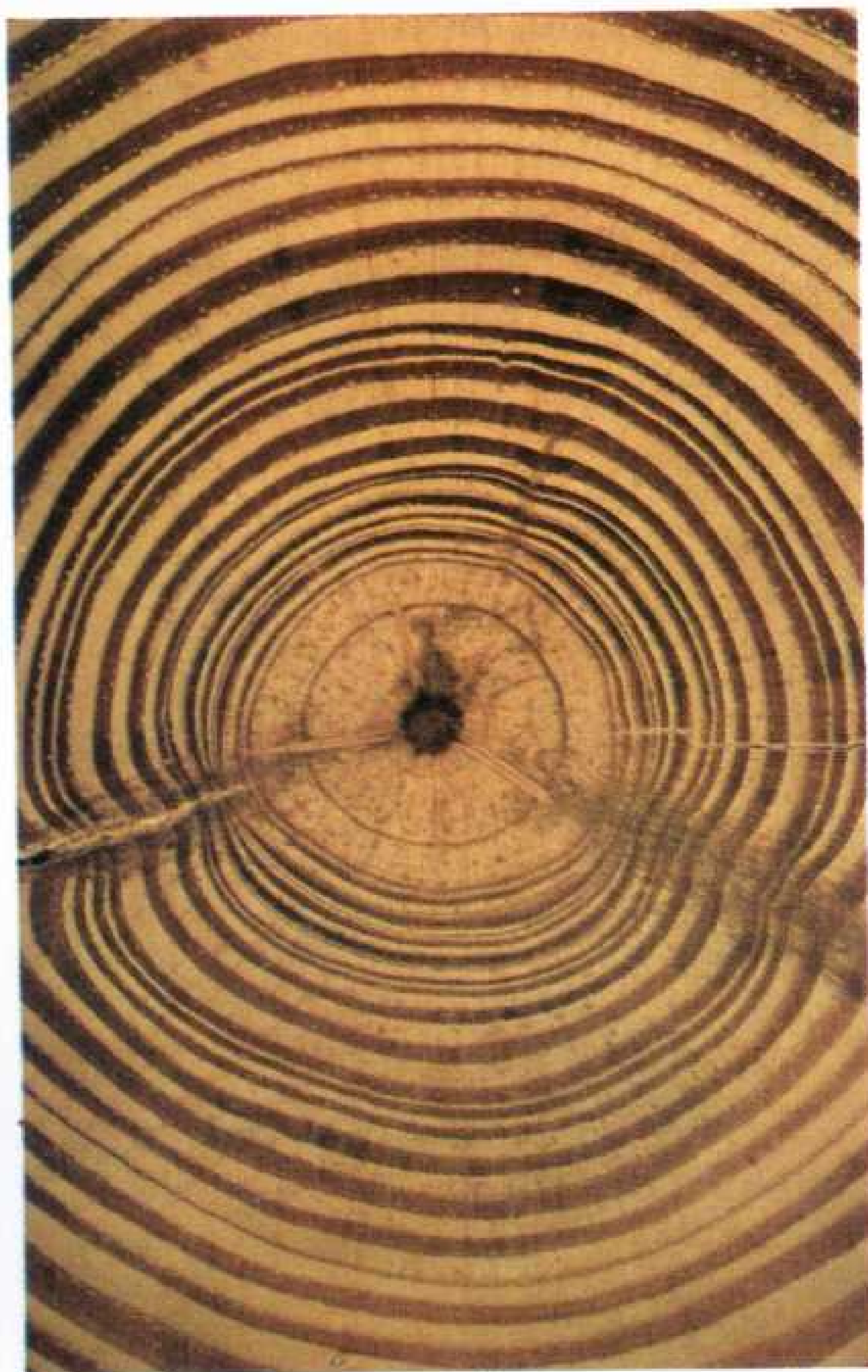
13 millones de años

2 millones de años



Los archivos del pasado

Las plantas con flores (fanerógamas) se reproducen sexualmente: sus óvulos (células sexuales femeninas) son fecundados por los granos de polen (células sexuales masculinas) para que se produzcan las semillas. La evolución de estos vegetales resulta difícil de seguir, en la medida en que sus fósiles son relativamente escasos. Sin embargo, estas especies dispersan en el entorno granos de polen, y estas pequeñas unidades biológicas, bien protegidas por un grueso tegumento, proporcionan valiosísimas indicaciones a los paleontólogos. Los granos de polen son sumamente diferentes de una a otra especie: en el microscopio resulta muy fácil identificarlos. En estos últimos años, su estudio se ha hecho tan importante que ya se le considera una ciencia aparte: la palinología. Los palinólogos, cuando analizan antiguos depósitos sedimentarios, reconstruyen con gran precisión la flora de la época, sólo con buscar a qué especies pertenecen los pólenes fósiles que tienen bajo la lupa, determinando su relativa abundancia. Estas investigaciones revisten una importancia capital, porque la flora de una determinada región depende del clima que en ella impera: el especialista que encuentra pólenes de sauces enanos, de saxífragas y de siemprevivas, por ejemplo, deduce inmediatamente que la capa de terreno que estudia se formó durante un período frío. Si, en cambio, en una capa inferior recoge pólenes de granados, de palmeras y de orquídeas, podrá decir que en la época precedente el clima era mucho más cálido. Estas investigaciones pueden ser útilmente complemen-



La dendrocronología. *El estudio de los troncos de los árboles permite reconstruir las condiciones climáticas del pasado: los anillos anchos corresponden a un clima cálido y húmedo; los estrechos, a un clima frío y seco. Aquí, a la izquierda: corte de un pino de Arizona. Arriba y al lado, a la derecha:* Pinus aristata. *En la página siguiente, por orden: cortes de álamo, sicomoro y sauce.*



tadas con los datos de la paleoclimatología clásica, y con los que se obtienen del examen de las muestras extraídas de los hielos polares.

Pero la palinología hace posible más cosas: como las plantas verdes constituyen la base de todas las pirámides alimentarias, su conocimiento permite reconstituir con precisión el aspecto de los ecosistemas en épocas remotas. Ahora se puede ya describir el entorno de extensas regiones de Europa, América del Norte y Asia durante y después de las glaciaciones. Para épocas muy recientes, se puede utilizar otra técnica de datación y de investigación climatológica: la que recurre a las tan conocidas leyes de la dendrocronología. Todos sabemos que los árboles (en griego: *dendron)* aumentan el espesor de su tronco al formar cada año un nuevo anillo de madera. Ahora bien, ciertas especies viven varios miles de años. Es el caso de los dragos, de las secuoyas, de los pinos de California *(Pinus aristata),* etc. El simple examen del corte del tronco de uno de los vegetales permite determinar su edad, y, según la anchura de los anillos de crecimiento, si tal o cual año se caracterizó por condiciones climáticas favorables (calor, humedad) o desfavorables.





La palinología. *El estudio del polen de las plantas con flor está lleno de enseñanzas. Estas células sexuales masculinas están protegidas por un grueso tegumento, y se conservan perfectamente en las rocas. Como cada especie vegetal posee semillas polínicas de tamaño y forma particulares, los paleobotánicos logran, al estudiarlas, reconstruir toda la flora de una región en una época determinada. Según que ésta comporte especies que gustan del frío, del calor, de la humedad o del ambiente seco, se deduce fácilmente el clima que entonces imperaba.*





La paleoclimatología

El estudio de las variaciones del nivel de los mares en épocas relativamente recientes ha permitido hacer una primera aproximación a las variaciones climáticas de la Tierra. Cada vez que se advierte que el nivel en cuestión bajó por debajo de lo que está actualmente, se pudo deducir que el período correspondiente era relativamente frío; por el contrario, cuando el clima se calentaba, la fusión parcial de los casquetes polares provocaba una elevación de los océanos, esto es, una transgresión marina. Naturalmente, estas observaciones debían ser atemperadas según los lugares donde se hacían: ciertas regiones, como Holanda, tienden a hundirse bajo el mar, mientras que otras, como Escandinavia o el escudo canadiense, se levantan lentamente.

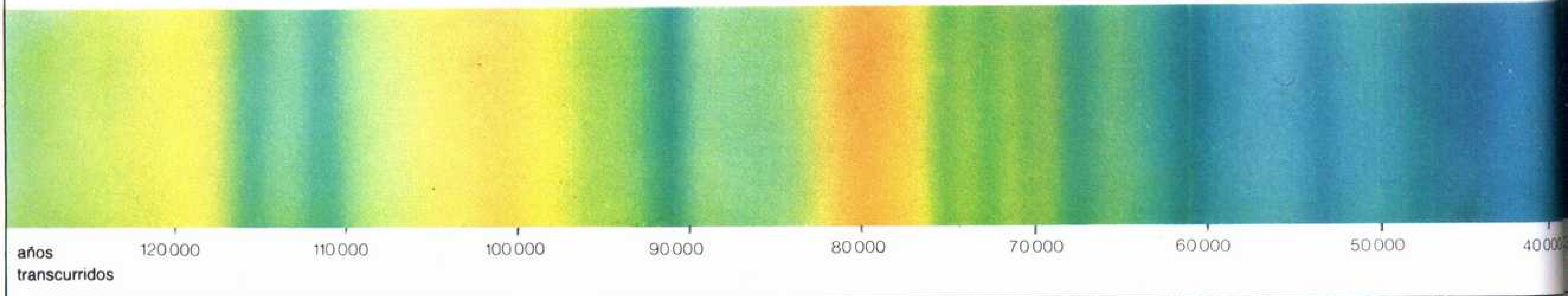
La paleoclimatología, o estudio de los climas pasados de la Tierra, busca también argumentos en el examen de los fósiles animales. Si en determinado terreno se encuentran restos de barreras coralinas, por ejemplo, se puede estar seguro de que en el momento en que esas tierras se constituyeron imperaba un clima cálido; en efecto, para crecer, los corales requieren de aguas cuya temperatura en la estación más fría no desciende por debajo de los 18 a 20 grados centígrados. En los arenales y en los antiguos pantanos, los restos de renos o de mamuts corresponden a períodos fríos, mientras que los fósiles de monos testimonian climas más suaves. Como veíamos antes, los datos de la palinología son igualmente valiosos. Se conocen toda una serie de plantas árticas, subárticas, templadas, mediterráneas, tropicales secas, tropicales húmedas, etc., y el descubrimiento de sus pólenes permite deducir casi con toda seguridad el tiempo que hacía en aquella época en el lugar en que crecieron.

Finalmente, los muestreos en los hielos de Groenlandia o de la Antártida permiten que los especialistas lean, prácticamente como en un libro abierto, la historia climática de nuestro globo, hasta más de 120.000 años para atrás.



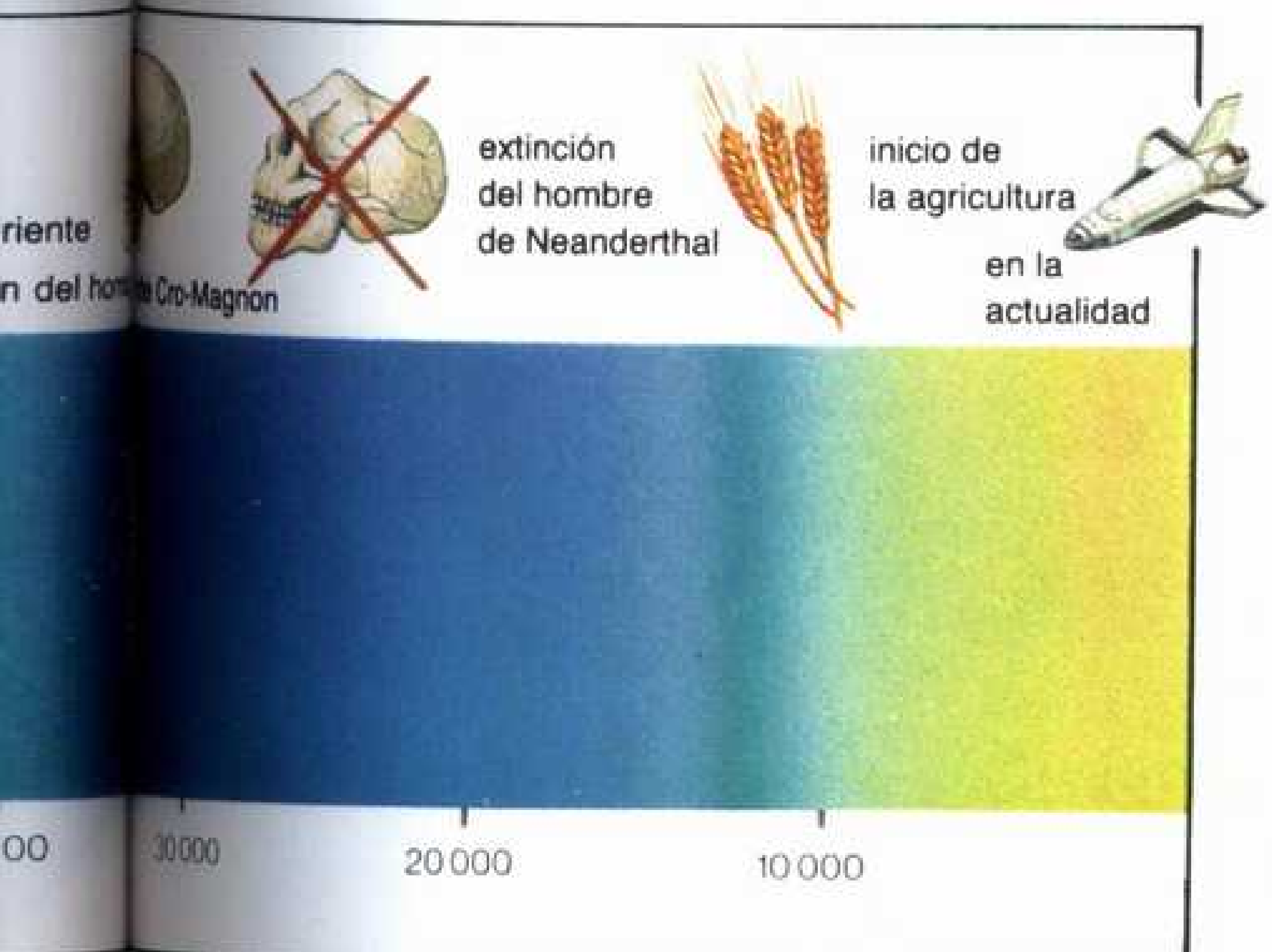






La última era glacial. El nivel del mar se estableció hace 6.000 años poco más o menos. Esto no quiere decir que no experimente aún pequeños cambios periódicos, de algunos metros de altura. Estas dos fotografías, tomadas en las islas Galápagos, muestran dos cráteres costeros; uno de los cuales aún es independiente del océano, mientras que el otro ha sido invadido por una pequeña transgresión. El esquema de abajo, en la doble página, muestra las grandes variaciones climáticas que han afectado a la Tierra desde hace más de 100.000 años: las zonas amarillas corresponden a climas cálidos, y las azules a períodos glaciares. Se puede ver que el hombre llevó a cabo lo esencial de sus progresos genéticos durante un período frío. En estas condiciones climáticas rigurosas, nuestros ancestros directos adquirieron la morfología y, sobre todo, el cerebro complejo que nos caracteriza. ¿Hay relación entre ambos fenómenos?







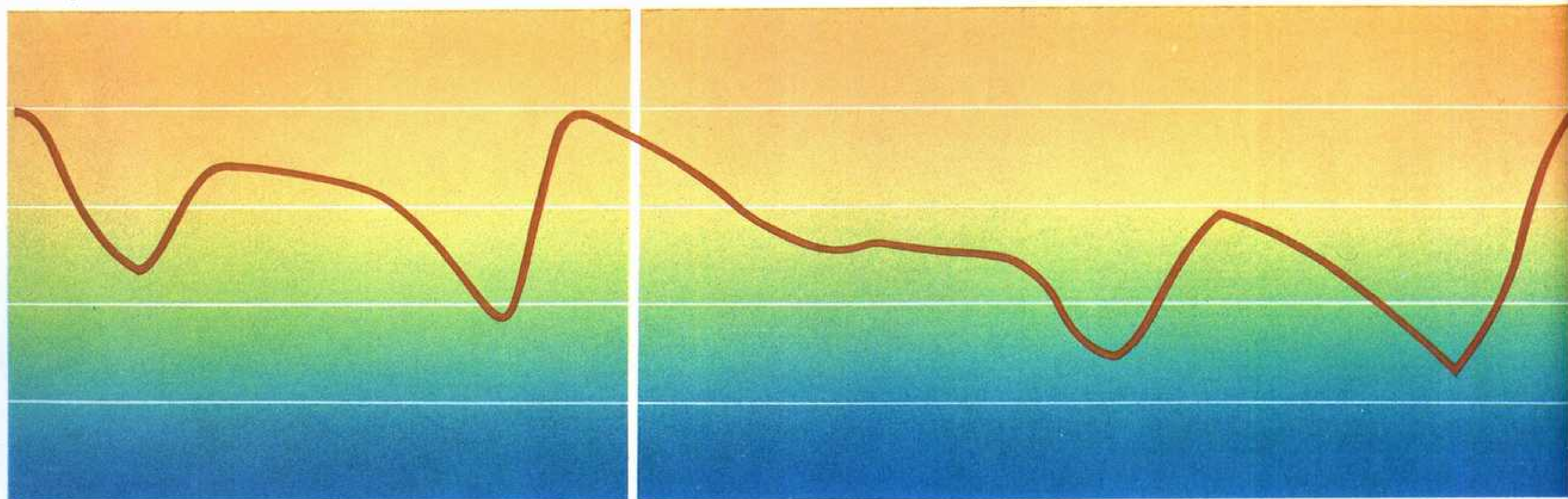


Si los hielos se fundieran. *En el transcurso de cada una de las grandes glaciaciones, el nivel medio de los mares bajó. Conociendo los climas del pasado, se puede intentar prever cómo serán en el futuro: tal es el sentido, por ejemplo, de la proyección de abajo. Sin embargo, la actividad del hombre puede modificar los datos del problema: nuestras contaminaciones industriales y domésticas podrían provocar un recalentamiento sustancial de la atmósfera, que determinaría a su vez una fusión (al menos parcial) de los enormes casquetes helados de la Antártida y de Groenlandia. El mapa de arriba da una idea del nuevo aspecto que presentaría Europa si tal eventualidad se produjera, y si el nivel medio de los mares subiera en unos 60 metros.*

Todas estas investigaciones presentan un interés teórico, de puro conocimiento: nos hacen entrever la faz de la Tierra en los tiempos del hombre de Neanderthal, o en el momento en que los artistas de Lascaux o de Altamira pintaban sus maravillosas escenas animales. Pero van adoptando cada vez más un aspecto práctico: si logramos determinar mejor los climas pasados, y poner de relieve las razones que los hicieron variar, habremos dado un gran paso en el campo de la *previsión* meteorológica a medio y largo plazo.

Si se consideran únicamente las variaciones climáticas de amplitud moderada, se advierte que existe una cierta regularidad en su sucesión. Por ejemplo, los glaciares avanzaron ampliamente hace 6.900, 5.400 y 2.900 años. Al escarbar más, se comprueba que parece existir una vinculación entre el aumento del campo magnético terrestre, las apariciones de manchas solares, la disminución del flujo de calor procedente del Sol y los importantes enfriamientos de la atmósfera. Estos fenómenos se organizan en grandes y en pequeños ciclos; estos últimos tienen una periodicidad de 370 años. El último período de gran enfriamiento data del siglo XVII: si los cálculos de los «meteorólogos del tiempo pasado» son acertados, no es imposible que estemos yendo nuevamente hacia un serio golpe de frío.

Las consecuencias de semejante enfriamiento de la superficie terrestre podrían ser verdaderamente graves. Uno de los efectos más desastrosos de este acontecimiento sería que inmensas superficies agrícolas en Europa del norte, en la Unión Soviética, en Canadá y en el norte de Estados Unidos, se convertirían en eriales incapaces de producir cereales. Al mismo tiempo, como el clima se haría también más seco (a falta de una evaporación suficiente sobre los océanos), las regiones tropicales se convertirían en un Sahel más. No es difícil imaginar los tormentos de la hambruna en una Tierra superpoblada con 6.000 ó 10.000 millones de seres humanos.



Los invertebrados inferiores

Los animales de origen más antiguo

TRAS la aparición de los primeros protozoos sobre la Tierra se presentaron dos posibilidades: las nuevas células que se formaban durante la reproducción podían separarse, continuando así como protozoos, o podían permanecer unidas entre sí formando animales pluricelulares, llamados metazoos. Es ésta una etapa fundamental de la evolución, pero no hay motivo para pensar que no se habría verificado en cuanto los protozoos empezaron a reproducirse.

Una vez alcanzado el estadio de metazoo, había de nuevo dos posibilidades. Los miembros de la colonia podían conservar su individualidad aun renunciando a buena parte de su libertad, como en el caso de las esponjas. Que se trató de un programa de colaboración que tuvo éxito lo demuestra la abundancia de esponjas en nuestros días; sin embargo, no se puede aducir como una «gran etapa de la evolución», porque no ha llevado a ninguna parte. La segunda posibilidad comportó la unión de todas las células en un sistema con una cooperación completa, pero con pérdida de la individualidad. Se pueden imaginar los diversos modos en que las células podrían haberse dispuesto, pero lo que realmente pasó es que parece que se produjeron dos estratos, que delimitaron una esfera cóncava. El estrato interno es el endodermo, y el externo el ectodermo; la boca es la abertura que da paso a la cavidad central digestiva. Estas son las características fundamentales de los celentéreos.

Si se comparan los celentéreos con las esponjas, se ve que los miembros primitivos del primer grupo eran, en teoría, organismos libres, flotantes. Esta convicción la avala el hecho de que las medusas existían en el Cámbrico. Las esponjas, en cambio, eran sésiles, como muestran los ejemplares fijos procedentes de la misma formación. Libertad y progreso contrastan así con la estabilidad y el desarrollo vegetativo.

Los celentéreos habían adquirido una cavidad digestiva. El sucesivo paso adelante de gran alcance fue la formación del mesodermo y de una cavidad corpórea (el celoma). Fue éste un cambio de organización tan profundo que hay que admitir que se necesitó tiempo para realizarlo, aunque esta admisión expresa sólo nuestra ignorancia de los lazos que unen a los celentéreos primitivos con los celomados primitivos. La transición parece haberse efectuado de un organismo pelágico a uno bentónico, que vivía en el fondo del mar: de un género de vida natatorio o flotante a otro reptante. El cambio físico se produjo de una forma más o menos esférica a otra alargada, de la simetría esférica a la simetría bilateral.

Una vez establecido el estadio de celomado (cavidad corpórea con tubo digestivo dentro), se habían cumplido todas las «grandes fases» de la evolución. Algunos grupos, como los briozoos, los braquiópodos, los equinodermos y los moluscos, han ido retrocediendo desde entonces y sólo dos, artrópodos y cordados, superaron la condición de sus antepasados.

De ello se deduce que, si hubiera que agrupar a los animales en supertipos, sólo habría que reconocer cuatro: los protozoos, los poríferos, los celentéreos y los celomados. No parece haber razón alguna para que los protozoos, los poríferos y los celentéreos no deban de haber tenido un origen prácticamente contemporáneo. Habría que recordar que los primeros representantes de todos los tipos estaban probablemente desprovistos de esqueleto y, por tanto, su cronología nunca podrá conocerse exactamente.

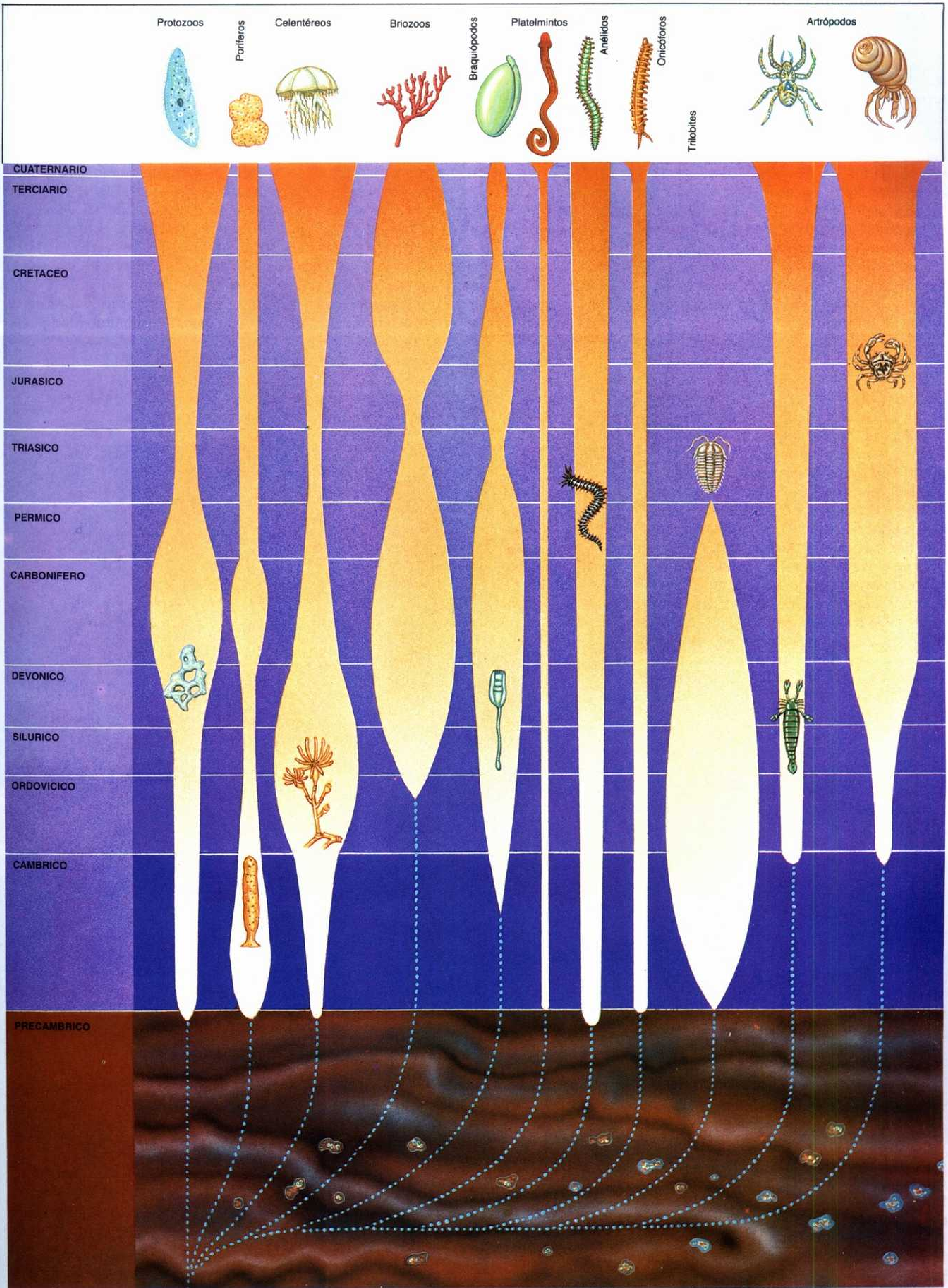
Una mirada retrospectiva a la fauna y a la flora del Precámbrico y del Cámbrico inferior sugerirá la idea de que, después de todo, las plantas y animales de entonces eran simples. Todavía no existían los vertebrados y los otros cordados, como tampoco las plantas superiores, artrópodos, moluscos, braquiópodos y equinodermos estaban representados sólo por sus géneros más simples. Por otra parte, los invertebrados inferiores —anélidos, celentéreos y poríferos— tenían ya entonces representantes con una organización casi tan compleja como cualquier otro miembro actual de los mismos tipos.

Del Cámbrico en adelante se efectuó un inmenso proceso evolutivo que nos lleva a una ulterior investigación del origen y desarrollo de los organismos.

Aunque los invertebrados constituyen más del 95 por 100 de las especies animales, sólo los que tenían partes duras están bien representados en los documentos fósiles. Esto hace que se conozca poco de la historia primitiva de la mayor parte de los seres inferiores, a no ser por las pruebas que aportan las huellas e improntas, las galerías excavadas en tierra o los restos fecales.



La evolución de los invertebrados. *Los primeros rastros de invertebrados se conservan en una formación del antiguo Proterozoico de Montana conocida como Belt Series, que se remonta a 1.000 millones de años. En el dibujo de la página siguiente se han trazado las líneas evolutivas de los invertebrados a partir del origen común del caldo primordial. Los estudios de los paleontólogos han logrado definir cuadros evolutivos generales. De los briozoos (a la izquierda), se han encontrado vestigios fósiles en rocas que se remontan a 300-500 millones de años de antigüedad y que son de gran importancia para identificar las edades.*



Protozoos
Poríferos
Celentéreos
Briozoos
Braquiópodos
Platelmintos
Anélidos
Onicóforos
Trilobites
Artrópodos
CUATERNARIO
TERCIARIO
CRETACEO
JURASICO
TRIASICO
PERMICO
CARBONIFERO
DEVONICO
SILURICO
ORDOVICICO
CAMBRICO
PRECAMBRICO

Los poríferos

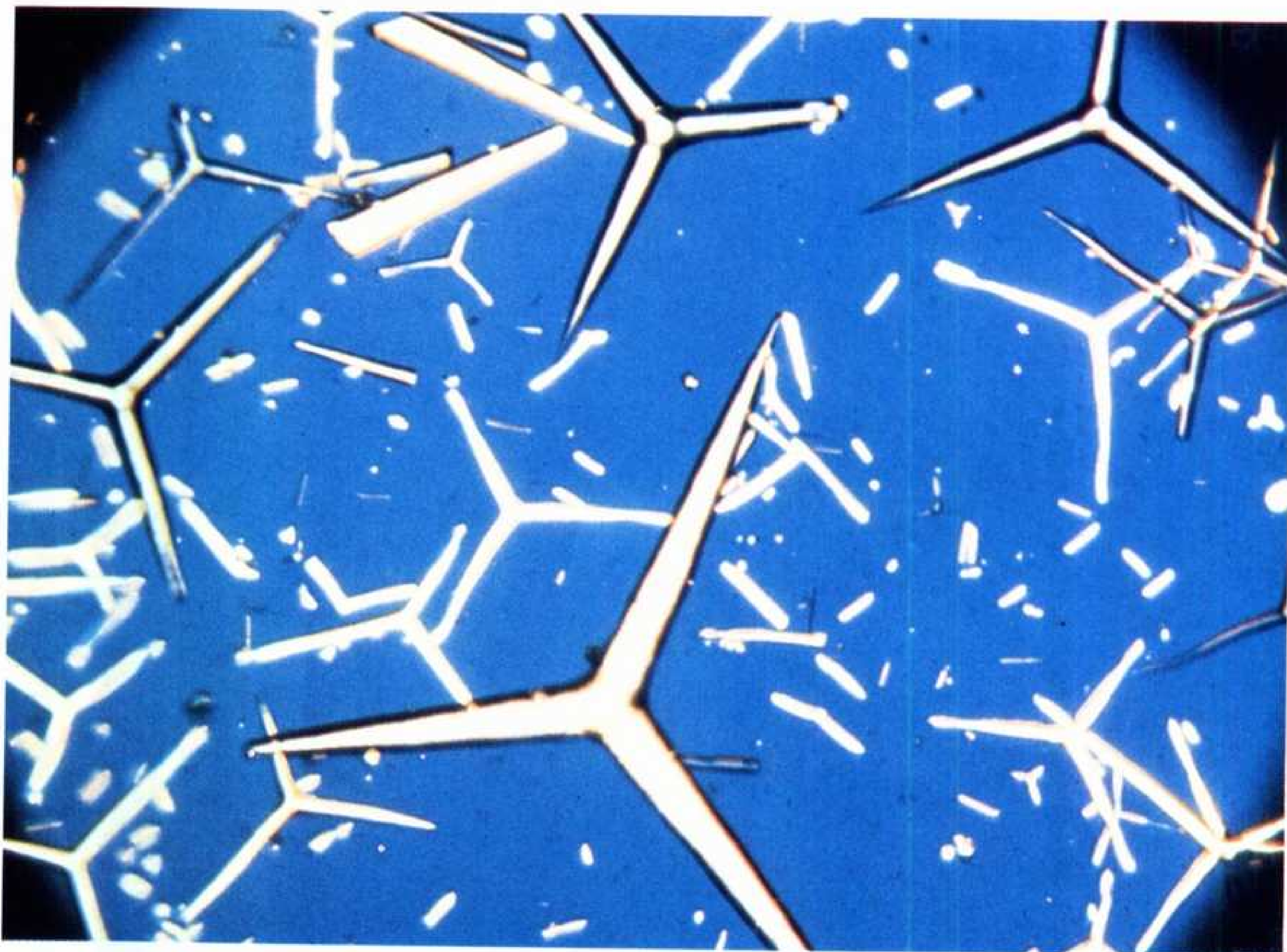
EL cuerpo de una esponja consiste fundamentalmente en un agregado en forma de vaso, constituido por varios tipos de células que se adhieren entre sí para hacer un todo único, aun cuando, en realidad, no exista entre ellas ninguna coordinación del tipo «sistema nervioso», como se advierte en todos los demás metazoos. Ya en el siglo XVIII se había observado en las esponjas la inhalación de corrientes de agua, como prueba de su naturaleza animal, de la que se había dudado por mucho tiempo. En 1819 se encontró yodo en sus cuerpos, y esto se adujo para afirmar que debían de ser plantas.

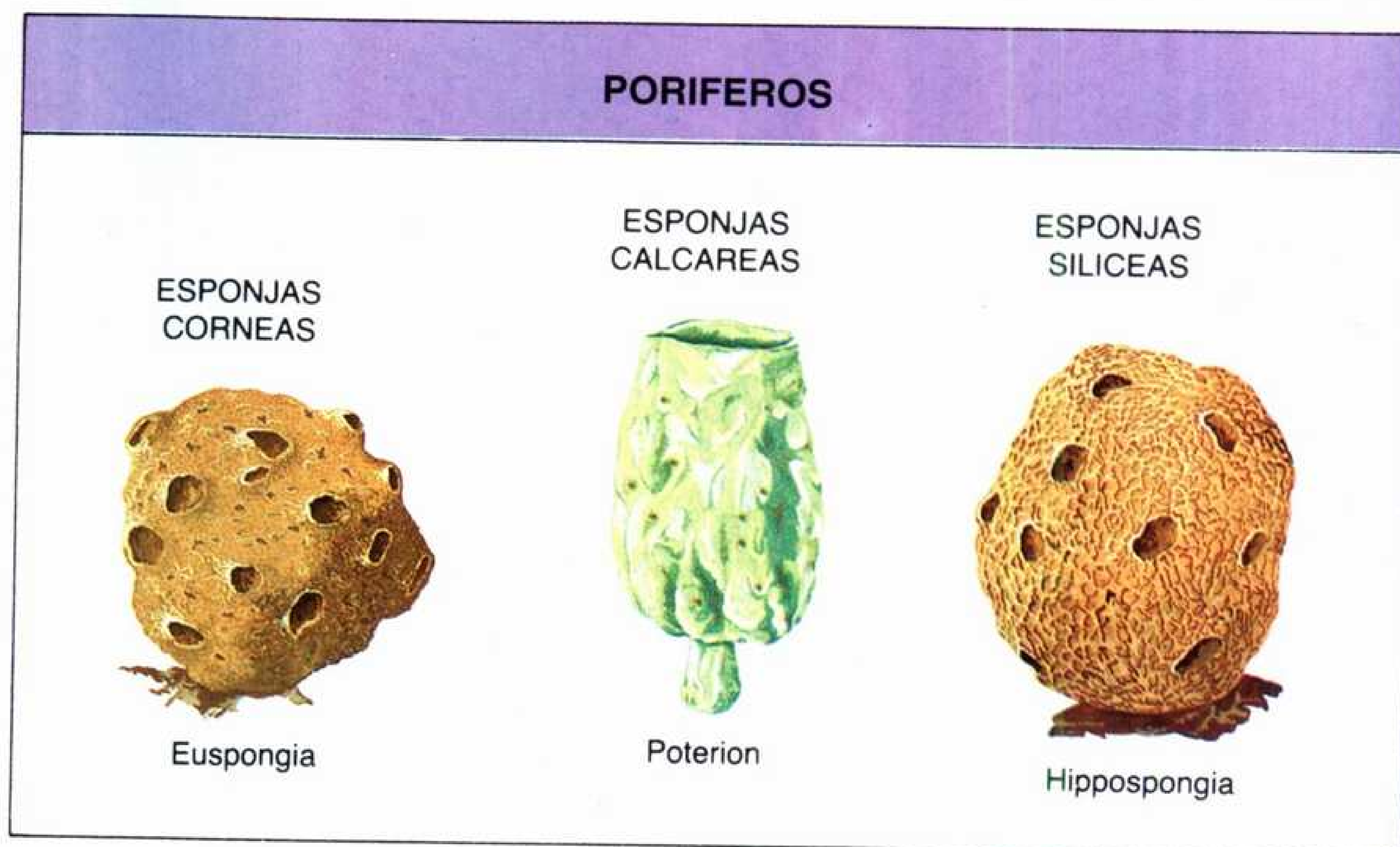
Las esponjas más simples sirven para ilustrar su organización básica. Su cuerpo tiene forma de vaso de simetría radial, cuyo estrato externo consta de células planas no ciliadas. Se trata de células muy contráctiles, como contráctil es todo el cuerpo; pero sus movimientos son ameboides, más que musculares. En ningún porífero se observa musculatura alguna. El estrato más interno consta de células particulares, llamadas coanocitos, cada una con un único flagelo. Por mucho tiempo se pensó que estas células eran patrimonio exclusivo de las esponjas; pero en época reciente se han encontrado también en las larvas de los equinodermos y en las de los corales, llamadas plánulas. Los coanocitos tienen en primer lugar una función alimentaria y de mantenimiento de la corriente de agua: con sus vibraciones mantienen en movimiento un flujo de agua desde el exterior hacia la cavidad. Otra importante característica morfológica de los poríferos es la presencia de una mesoglea gelatinosa, situada entre los dos estratos citados y que contiene muchas células ameboideas, libres para moverse. Es ésta otra indicación del bajo nivel de diferenciación del cuerpo de las esponjas.

Algunos amebocitos son responsables de la secreción de un esqueleto, que consta de espículas, de fibras de espongina o de ambos elementos. Otros dan origen a las células germinales, o bien pueden encargarse de transportar los espermatozoides o de conducir, digerir y almacenar el alimento. De la baja organización de las esponjas da testimonio, sobre todo, más que cualquier otra característica, la ausencia de células nerviosas. Naturalmente, dentro del cuerpo debe de existir un cierto tipo de comunicación, pero ésta se produce probablemente por difusión química, recordando el sistema de comunicación química más evolucionada de los animales superiores. El microscopio electrónico muestra contactos directos entre cada una de las células; quizá facilitan la transmisión de señales químicas.

Una primera clasificación de las esponjas puede basarse en los materiales esqueléticos que proporcionan sostén y protección, esto es, las espículas calcáreas y silíceas. Existen tres clases: la de las calcisponjas, o esponjas calcáreas, que comprenden principalmente formas litorales o sublitorales, con espículas exclusivamente calcáreas, inexistentes en las otras clases; la de las hexactinélidas, que comprenden las esponjas silíceas características de las aguas profundas, con espículas silíceas que pueden estar separadas o soldadas entre sí formando redes esqueléticas de una gran elegancia, y finalmente la de las demosponjas, o esponjas córneas, que comprenden formas en las que el esqueleto tiene una composición variable, estando formado por espículas silíceas o por una secreción dura pero flexible llamada espongina (correlacionada químicamente con los pelos y los cuernos de los mamíferos), o por ambos componentes a la vez. En ocasiones, en esta clase no están presentes ni espículas ni espongina, y el único material de sostén es entonces una sustancia mórbida. Los diversos tipos de estructura esquelética pueden proporcionar armaduras de sostén, a menudo complejas y muy hermosas, aun cuando su función se limite a reforzar el delicado cuerpo de las esponjas. Los esqueletos no presentan junturas, no teniendo así las potencialidades locomotoras de que disponen los esqueletos de los animales superiores.

Todas las esponjas se reproducen sexualmente. Aun cuando cada individuo puede producir indistintamente huevos o espermatozoides, esto ocurre en tiempos diferentes, por lo que nunca se da autofecundación, sino que cabe hablar más bien de una fecundación cruzada.













Las esponjas. *Una primera clasificación de las esponjas la puede proporcionar la naturaleza de las espículas, pequeñas estructuras esqueléticas que sirven de sostén (en la página anterior, vistas al microscopio), en base a las cuales las esponjas se subdividen en córneas, calcáreas y silíceas (esquema de la página anterior, abajo). En esta página, esponjas de distintas formas y colores.*

Las esponjas tienen también excepcional capacidad para reproducirse asexualmente y regenerar las partes lesionadas o perdidas. Todas las esponjas de agua dulce y algunas marinas producen, en efecto, con regularidad cuerpos reproductores asexuales llamados gémulas. Cuando las esponjas con elevadísimas posibilidades de regeneración son exprimidas a través de una gasa, las células separadas se reúnen en acúmulos, y luego en masas aún más grandes hasta dar origen nuevamente a esponjas completas. Cuando las condiciones ambientales son poco propicias para la vida, muchas esponjas comprimen las puntas de sus ramificaciones o simplemente se desintegran, dejando tras de sí masas de células. Estas se redondean, permanecen quietas un cierto tiempo y, al restaurarse las condiciones apropiadas, se regeneran en nuevas esponjas.

Las limitaciones que la inmovilidad impone a las esponjas deben de constituir un factor importante en la esterilidad evolutiva de su organización. Estos animales dependen, para protegerse, de las espículas presentes en la pared corpórea, o de la dura espongina, de la fuerza del chorro de agua exhalante y de la capacidad de contraer los poros inhalantes, impidiendo así que los intrusos penetren en su interior. La locomoción es privativa de las larvas dotadas de flagelos. La esponja adulta es un animal sésil, incapaz de desplazarse en busca de comida, y que para alimentarse depende de los sistemas de canales y de cámaras flageladas tan escasamente organizados.

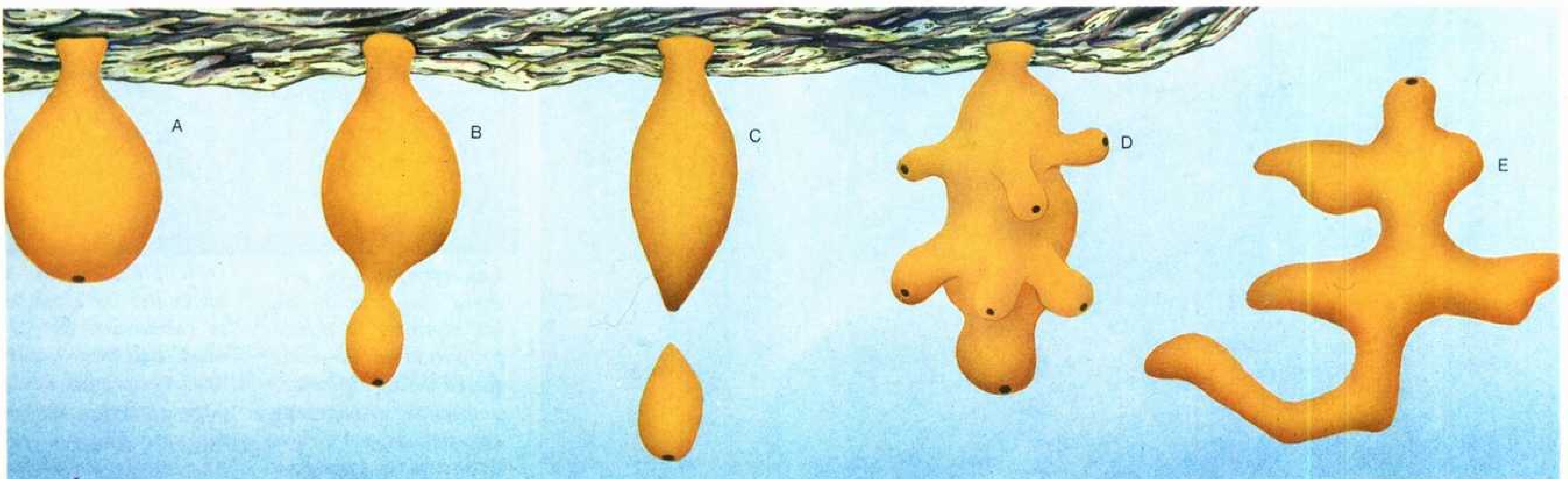
Podemos preguntarnos qué ventajas puede reportar que las células se organicen a nivel tan sumariamente integrado, dado que muchos protozoos son, en cambio, ejemplo del elevado grado de diferenciación que puede lograrse en los límites de un cuerpo uninucleado. Indudablemente, la respuesta hay que buscarla en la mayor dimensión de la estructura resultante, que debe de incrementar la capacidad de resistencia al *stress* físico del ambiente.

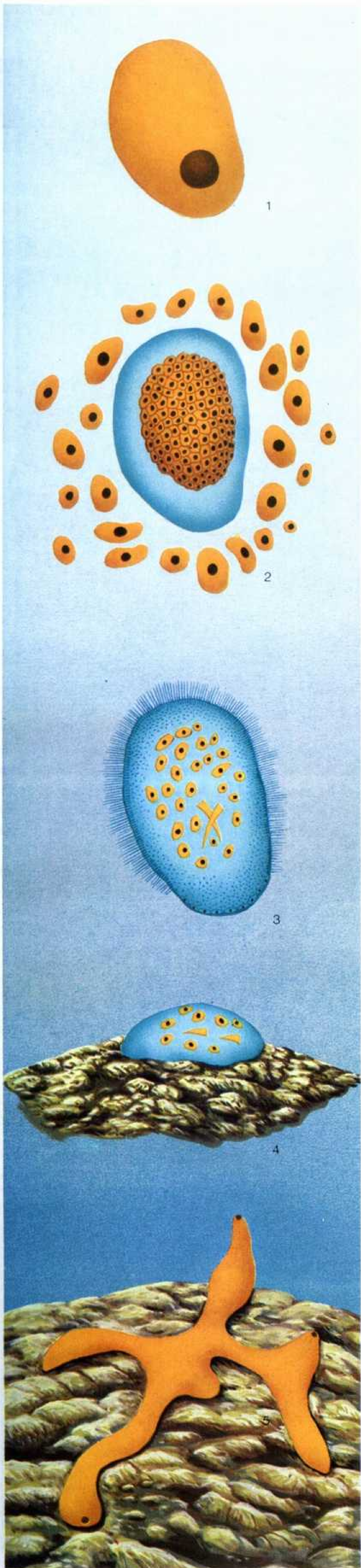
Presentes ya en el Cámbrico inferior, las esponjas debieron de evolucionar en el Cámbrico, mientras que de su abundancia en el pasado dan testimonio los estratos de sílice negro, compuestos en gran parte por espículas de esponja y con un espesor de hasta 100 metros o más. Aun hoy día abarcan algo así como 5.000 especies vivas.

Lo más interesante en estos animales es que su plano de estructura constituye uno de los principales «callejones sin salida» de la evolución animal que, evidentemente, no ha desembocado en ninguna ulterior elaboración.



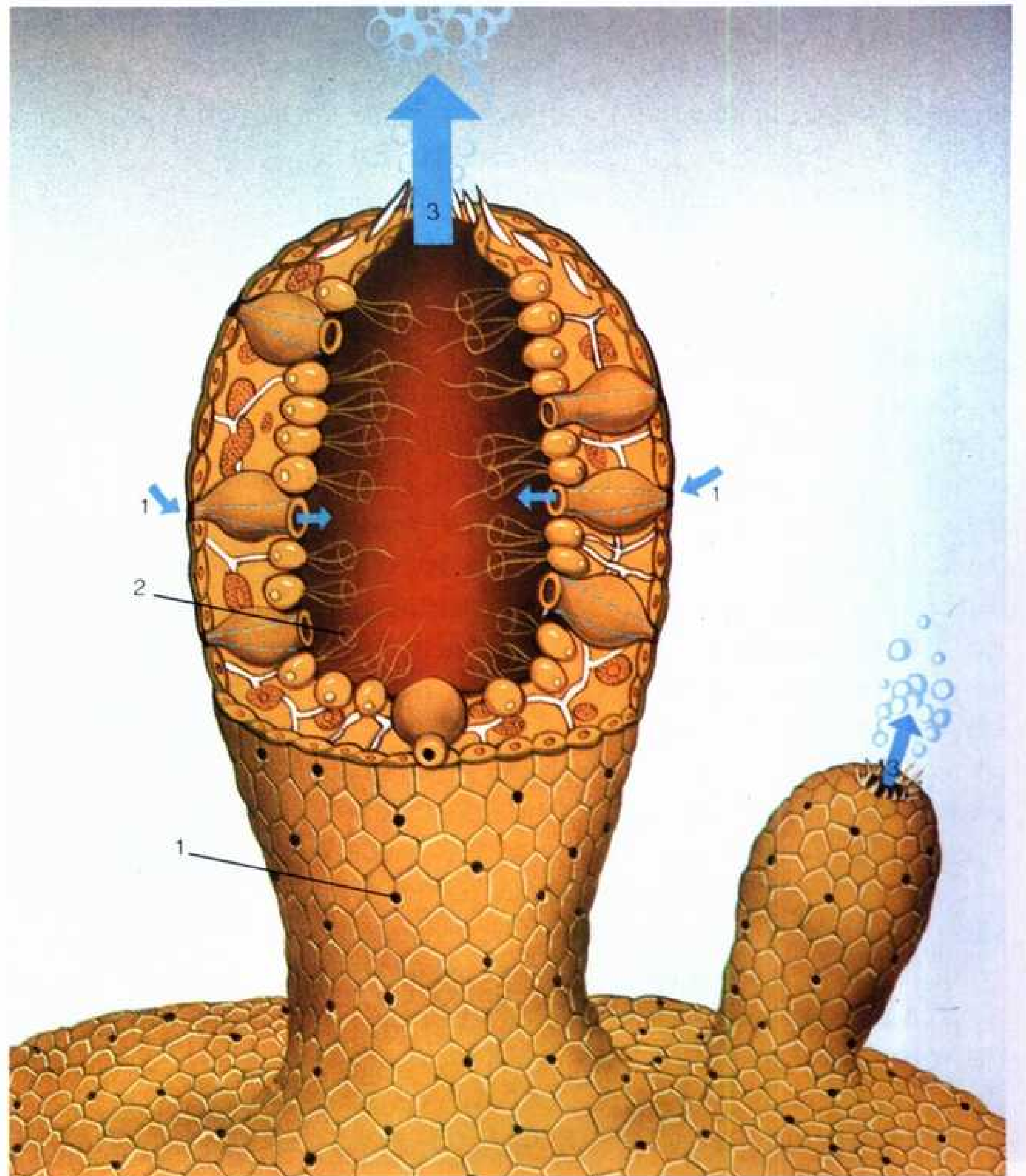
La reproducción de las esponjas. *Abajo: reproducción vegetativa en los poríferos. El dibujo muestra el estrechamiento que aparece en medio de la colonia, un agregado de individuos generados por reproducción agámica (gemación), que se divide en dos partes (A-C). Las gemas pueden aparecer alrededor de la colonia (D), o bien toda la esponja puede fragmentarse (E). Las esponjas se reproducen también sexualmente (a la derecha, y en la foto de la izquierda), con producción de huevos y de elementos masculinos que en algunas especies se forman en el mismo individuo, mientras en otras se tienen sexos separados. Después de que la célula huevo ha sido fertilizada (1), se desarrolla en pequeñísimas larvas (2), encerradas en una cápsula e incrustadas en la pared corpórea de la esponja. Este embrión pasa a través de la pared de la abertura más próxima y sale al exterior. A partir de entonces puede ya nadar mediante sus numerosos flagelos. La larva (3) se dispone luego sobre una superficie idónea y se transforma asumiendo la típica forma de bolsa con las paredes horadadas por minúsculos poros (4). Finalmente se forman las ramas (5); el nuevo individuo produce una o más gemas que, alcanzado un cierto tamaño, producen otras hasta constituir una colonia.*



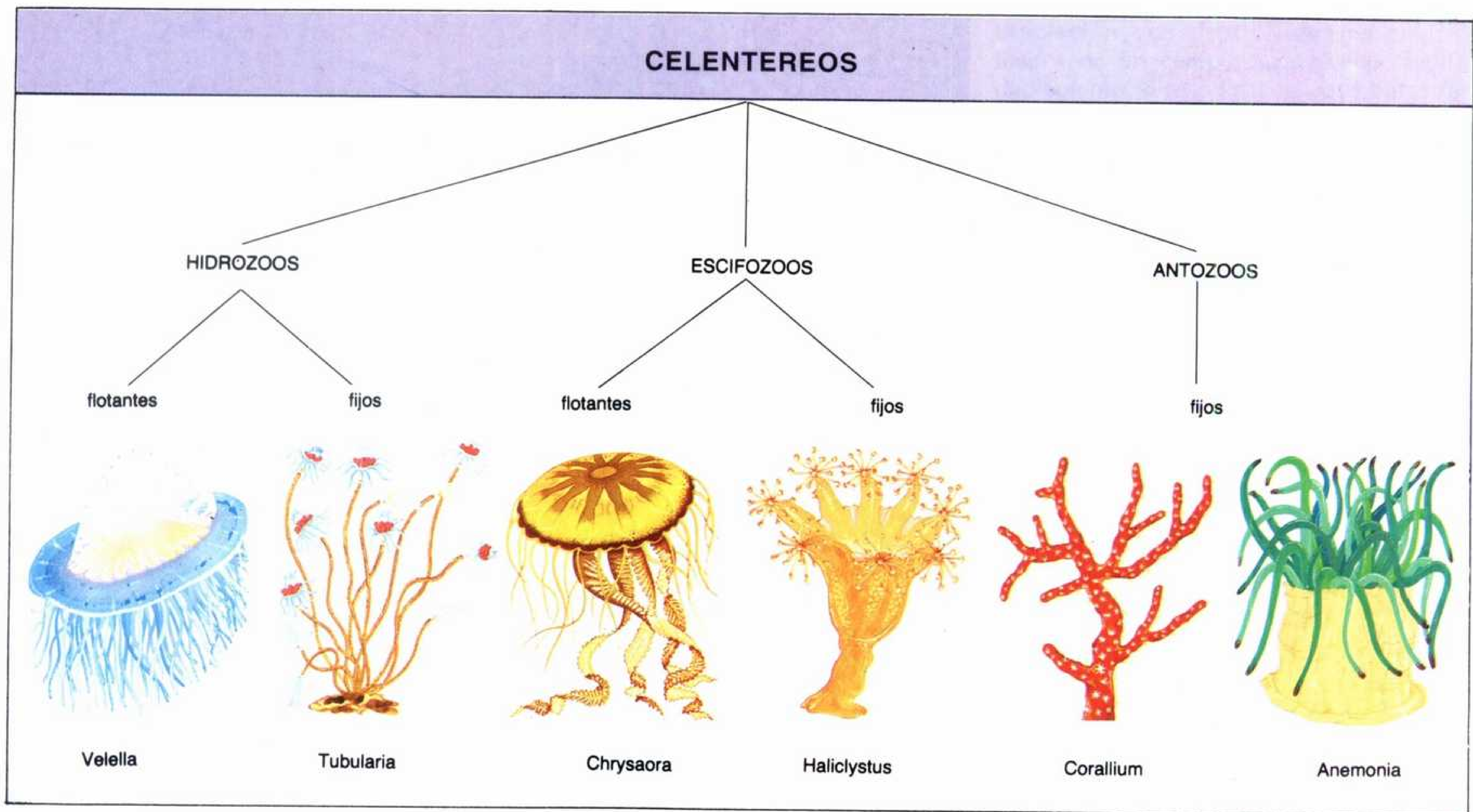




__Las corrientes de agua en los poríferos.__ Las esponjas están formadas por tres tipos de células: los epiteliocitos, que cubren la parte interna y algunas zonas internas; los amebocitos, células que emigran a través de la esponja, y los coanocitos, células flageladas que bombean el agua y de las que todo el organismo puede obtener el material nutritivo que contiene. En el dibujo de la derecha se muestra el paso de las corrientes de agua (indicado por las flechas) a través de las esponjas; el agua entra en las minúsculas aberturas llamadas poros inhalantes (1), es puesta en movimiento por los coanocitos (2) y sale luego por los poros exhalantes (3). Arriba, una esponja azul.

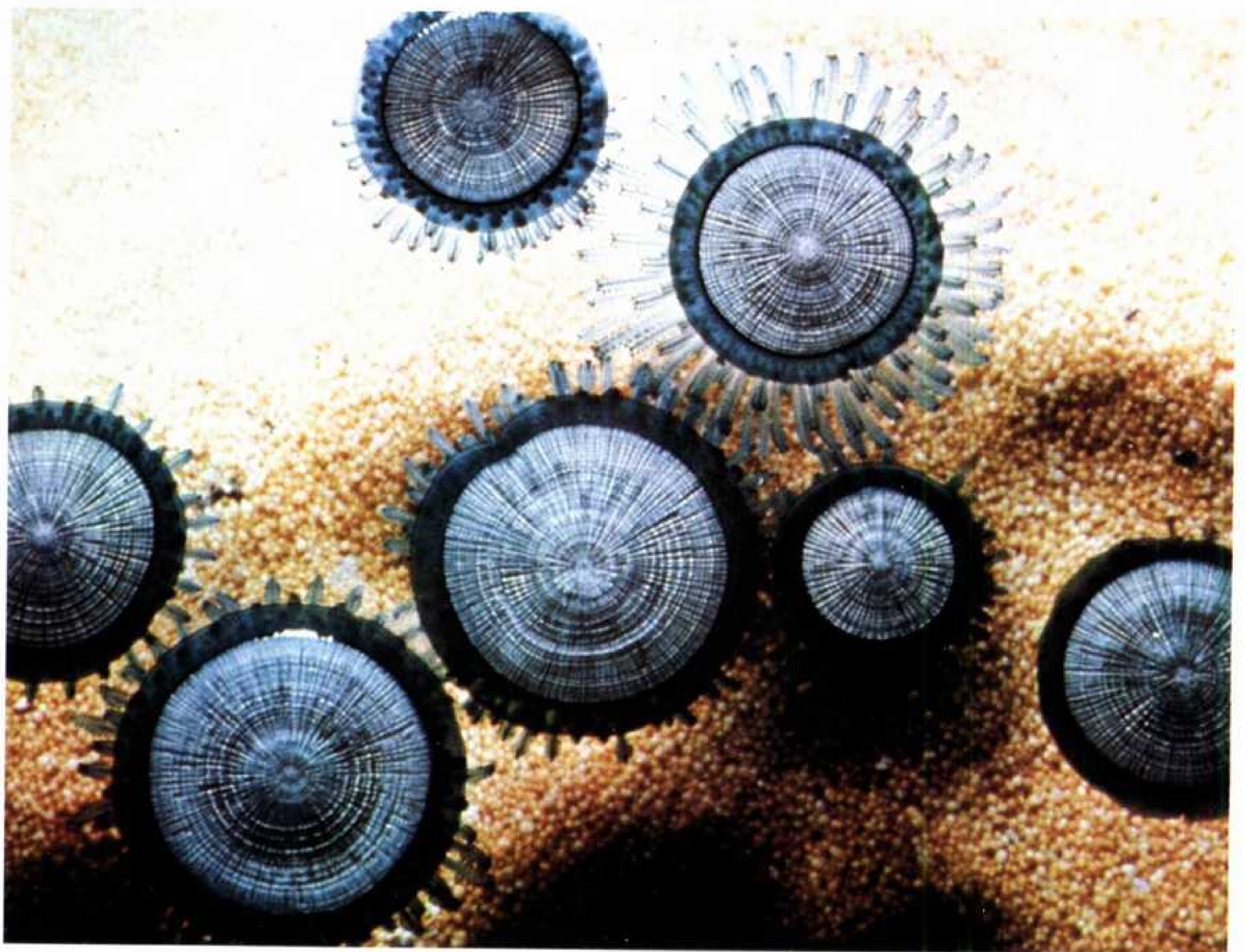


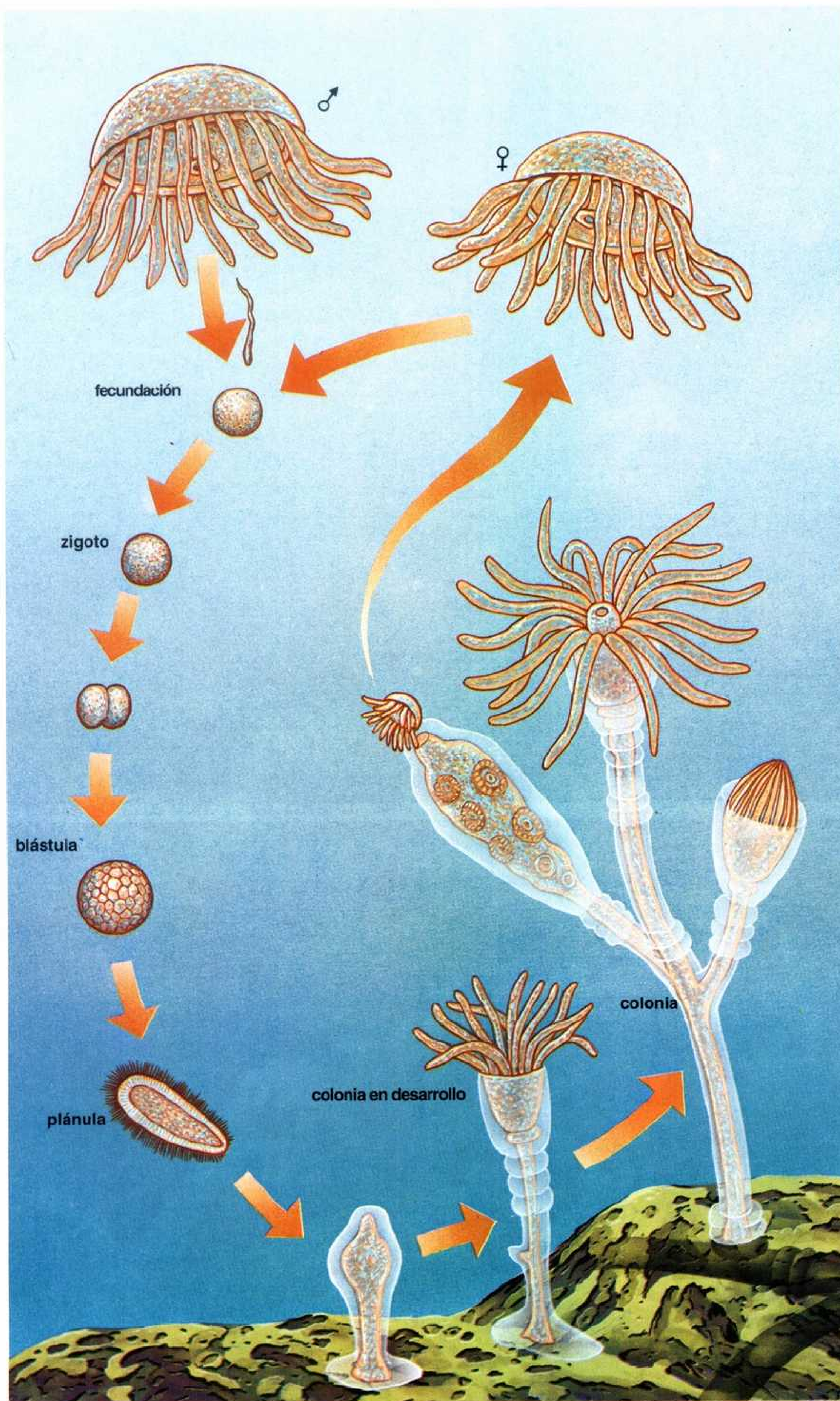
Los celentéreos



ESTE *phylum,* con sus 9.000 especies vivas, incluye las hidras, las medusas, las anémonas de mar y los corales. El cuerpo de estos organismos está constituido por una bolsa con una única abertura que tiene una doble función: admisión del alimento y emisión de los residuos no digeribles y de las propias escorias. La principal cavidad corpórea es el intestino (enteron); por tanto, la cavidad sacciforme con funciones digestivas de estos animales recibe el nombre de celenteron y da a su vez nombre (celentéreos) al grupo que la presenta. En el seno del grupo se advierte un gran desarrollo del polimorfismo, es decir, la existencia —dentro de una especie— de varias formas de individuos. Las formas principales son la sésil (el pólipo) y la móvil (la medusa). Pólipo y medusa pueden ser producidos con una regular alternancia de generaciones (metagénesis), en la que el primero constituye la fase de reproducción asexuada y la segunda la de reproducción sexual, que se desarrolla a partir de una célula llamada gonóforo. Múltiples son las variantes del polimorfismo, distribuyéndose de forma característica en las tres clases que constituyen el *phylum.* La clase hidrozoos comprende formas solitarias o coloniales, en las que tiende a prevalecer la fase de pólipo. La medusa posee un pliegue muscular periférico, el velo. La segunda clase, los escifozoos, abarca formas solitarias en las que la medusa, que nunca tiene velo, es el estadio predominante, mientras el pólipo es la fase menos importante, faltando a me-

Los celentéreos. *Son animales de simetría radial, de los que la mayoría vive en las aguas marinas mientras sólo pocas especies son de agua dulce. Se subdividen generalmente en tres clases principales (esquema de arriba): Hidrozoos, escifozoos y antozoos. Los hidrozoos, pequeños organismos que miden apenas algunos centímetros, pasan durante su ciclo vital a través de las fases de pólipo y de medusa; sin embargo, en alguna especie falta una de estas dos formas de desarrollo. También los escifozoos tienen estos mismos estadios de desarrollo, pero preferentemente el de medusa. Los antozoos, en cambio, carecen del estadio medusoide e incluyen exclusivamente formas fijas. Los pólipos se reúnen normalmente en colonias, aunque existen algunas formas solitarias. En el esquema de arriba están representados algunos celentéreos característicos. Abajo, pequeñas medusas. En la página siguiente, dos imágenes de* Gonionemus vertens, *medusa de típico aspecto, con umbrela y una delicadísima estructura.*





***El ciclo de vida de la* Obelia.** *El desarrollo de este hidrozoo marino comporta un estadio de pólipo y otro de medusa. Las medusas se reproducen sexualmente, esto es, existen formas masculinas y formas femeninas. El huevo fecundado se segmenta, alcanza el estadio de blástula, de la que se origina una forma libre que nada por medio de cilios vibrátiles, llamada plánula. Esta, aplanada y ovoidal, se puede considerar como una forma larval sometida a metamorfosis; a continuación, en efecto, se transforma en pólipo que tiene la forma de una bolsita cilíndrica, que se fija por la base. Este se reproduce por agamia, reproducción asexuada, formando una colonia. Se generan sucesivamente gemas medusoides que se desgajan de la colonia de pólipos y de las que se originan medusas, y se reanuda el ciclo. Las colonias de* Obelia *ofrecen un característico aspecto arborescente, por lo que fueron consideradas como plantitas de floridas ramas.*

nudo. La tercera clase, los antozoos, comprende formas exclusivamente polipoides, entre las cuales se cuentan las anémonas de mar y los corales propiamente dichos. Sólo un pequeño número de las 9.000 especies de celentéreos ha logrado penetrar en el agua dulce: únicamente las especies pertenecientes a la más primitiva clase de los hidrozoos y que comprenden las pequeñas hidras de los pantanos y de los ríos. Algunos hidroides y las anémonas de mar han penetrado en las aguas salobres, pero los celentéreos como grupo y los corales de las barreras coralinas en particular sólo prosperan en los hábitats marinos y su ausencia es notoria cerca de la desembocadura de los ríos.

Reciben el nombre de pólipos todos los celentéreos fijos a un substrato y de forma cilíndrica, bien se trate de gruesas anémonas carnosas o de los minúsculos y transparentes miembros de una colonia de hidroides o de corales. El término «pólipo» procede de una palabra griega que significa «con muchos pies», y se refiere a los ágiles tentáculos que sirven para capturar el alimento y transportarlo a la boca; en algunas especies, sin embargo, los tentáculos tienen una función locomotora. En las medusas, los tentáculos se han desplazado, por una dilatación del cuerpo, hasta el borde mismo de la umbrela, y allí donde normalmente debía estar el mango de la sombrilla pende un tubo con la boca en su extremidad dirigida hacia abajo, al contrario de cuanto generalmente ocurre con los pólipos, que mantienen una posición erguida. En los grupos de los pólipos y de las medusas, algunos miembros pueden adoptar la posición contraria, cosa en modo alguno sorprendente porque, examinando de cerca a estos animales, vemos que están construidos conforme al mismo plano básico y que, en el ciclo vital de una única especie, pueden aparecer tanto el pólipo fijo como la medusa que nada libremente.

El nombre de medusa lo aplican los zoólogos a los animales que lo llevan en recuerdo de la legendaria Medusa, una de las Gorgonas, la mitológica doncella cuyos cabellos se transformaron en serpientes y que petrificaba a quien los mirara. En efecto, los animales pequeños quedan paralizados cuando se acercan a los celentéreos: la densa armadura de filamentos con cápsulas urticantes, los nematocistos, situados sobre todo en los tentáculos, hace dignos a los celentéreos de su nombre «ortigas de mar».

Como recurso alimentario para el hombre, estos animales no son muy promisorios que digamos. No obstante, hace mucho tiempo se consumían anémonas de mar en Francia, Italia, Grecia y en algunas islas del Pacífico.







Las «flores» del mar. *Entre los celentéreos existen formas de gran belleza, por la variedad de formas y de colores. En las fotografías: arriba,* Corymorpha; *a la izquierda,* Tabularia couthouyi, *perteneciente a los hidrozoos; a la extrema derecha,* Haliclystus auricola, *un escifozoo; abajo, de izquierda a derecha,* Hydrophora exesa, *una colonia de corales, y una actinia, antozoo.*





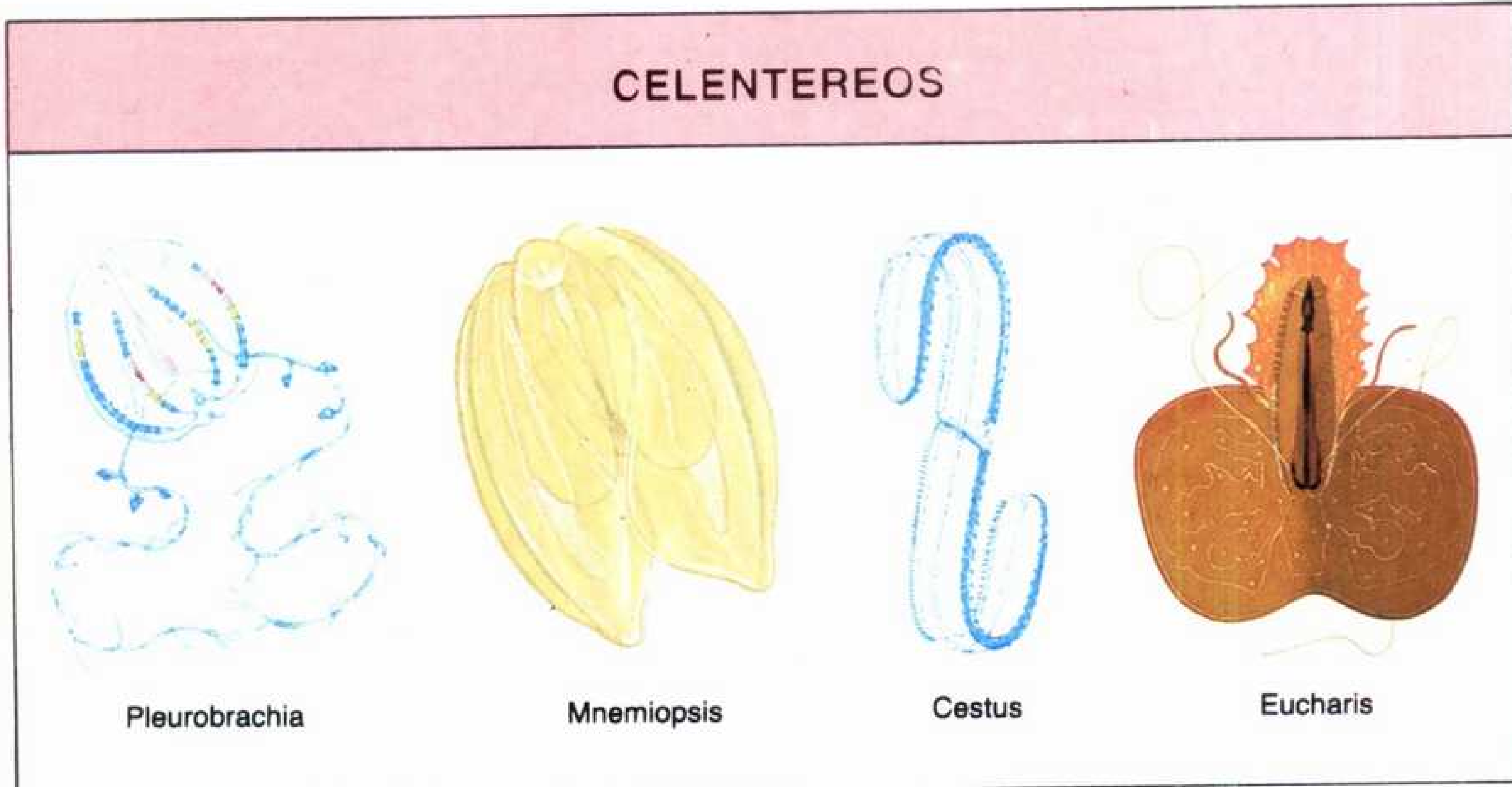


Los ctenóforos

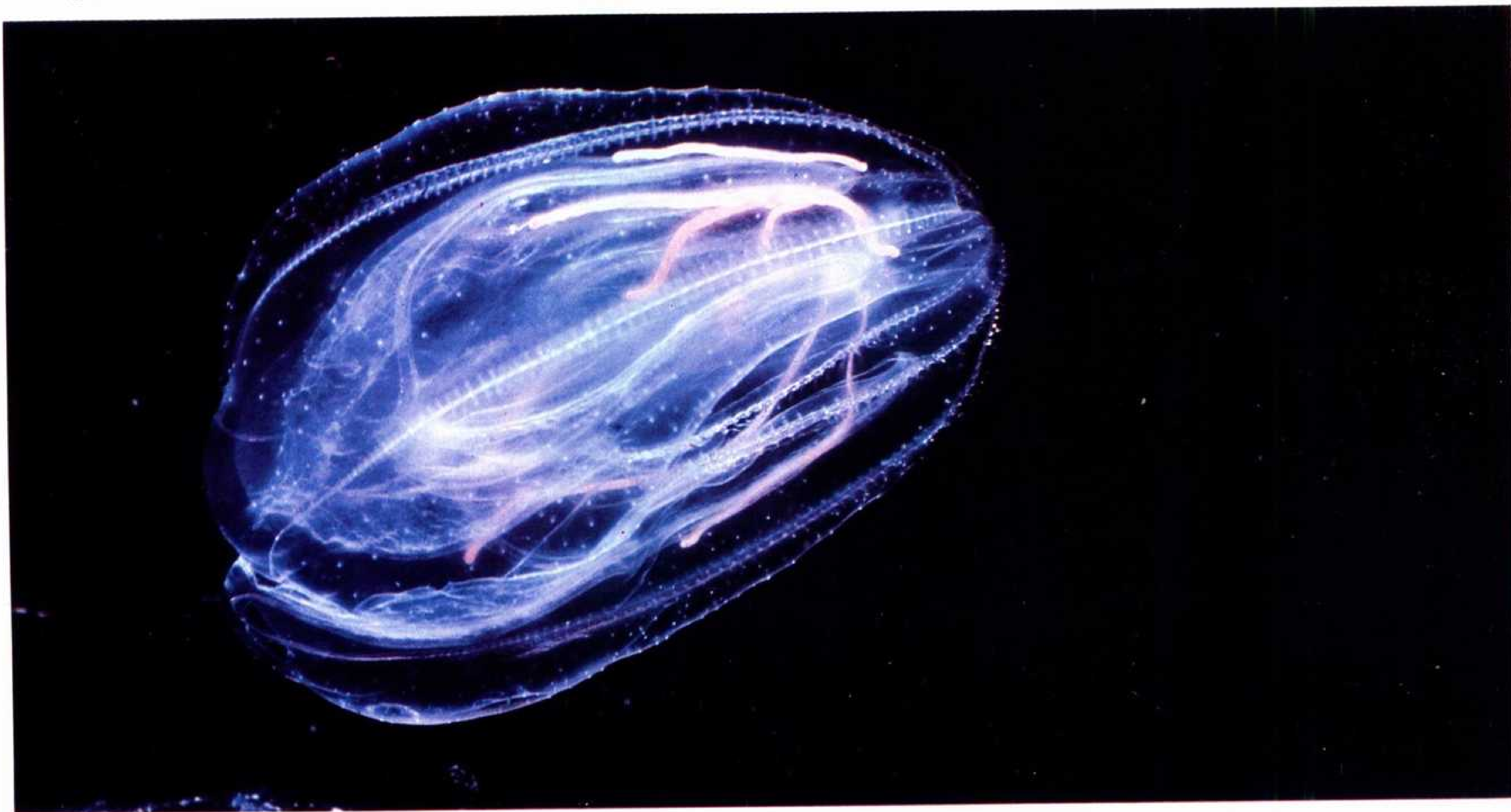
Estos animales, que se parecen en ciertos aspectos a los celentéreos, muestran, sin embargo, importantes diferencias, sobre todo por lo que se refiere al sistema de locomoción.

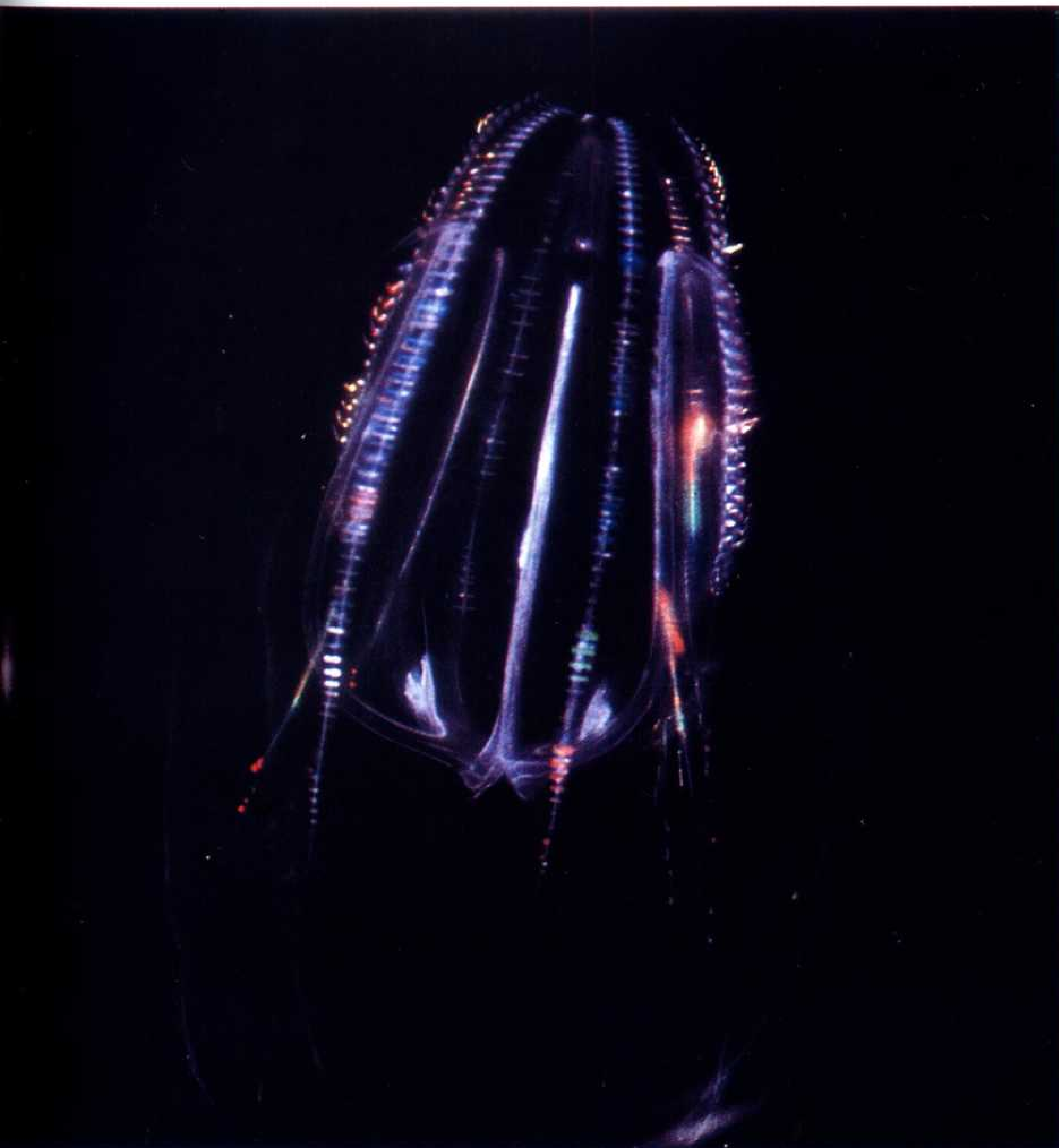
Los ctenóforos tienen el cuerpo de simetría bilateral doble, esto es, con mitades simétricas pero no equivalentes, y no son sésiles, sino que nadan libremente. En general, son transparentes y gelatinosos: los miembros más primitivos recuerdan en algo a las medusas. Contrariamente a lo que ocurre con los celentéreos, no tienen polimorfismo ni cualquiera de las formas de vida colonial. Se forma una larva bien diferenciada que se parece al adulto. La locomoción de estos animales difiere fundamentalmente de la de los celentéreos, por cuanto depende de un mecanismo ciliar sumamente especializado en vez de un esqueleto hidrostático. Ocho filas de láminas se disponen en toda la superficie del cuerpo. Cada lámina se compone de un gran número de cilios unidos, por lo que parece un peine (de aquí el nombre de ctenóforo: peine en griego se dice *cteis*). La palpitación de todos estos peines, órganos de propulsión de los ctenóforos, es regulado por un órgano sensorial sumamente especializado. Protegido por una membrana que lo recubre, este órgano está constituido por cuatro grupos de «equilibradores», mechones de cilicios que sostienen un estatolito compuesto por varios centenares de minúsculos granos calcáreos. Cada equilibrador está formado por 100-200 cilios, en parte soldados entre sí, cuyas células están conectadas por surcos ciliares a las filas de peines. Todo el complejo constituye un sistema funcionalmente continuo en el que las células ciliadas que lo componen son variadas especializaciones de la misma familia de células. Esto resulta de su potente latido, que se dirige siempre uniformemente hacia arriba, y ofrece un curioso aspecto ultraestructural de sus cilios.

En una playa tranquila, batida por las olas, llaman rápidamente la atención, incluso de lejos, unos pequeños globos ovales de material gelatinoso claro que brillan al sol como bolitas de cristal. La delicada transparencia de los ctenóforos los hace absolutamente invisibles en el agua, por lo que su presencia sólo es advertida por la iridiscencia de las filas de peines que baten y difrangen la luz. En las noches estivales, el agua puede centellear por cientos de ctenóforos presentes en



Frágiles organismos transparentes. *Los ctenóforos están dotados de láminas vibrátiles presentes a los lados de su cuerpo; estos «peines» fungen como órganos de locomoción y constituyen una característica innovadora y distintiva respecto de los celentéreos. Los ctenóforos están formados por más del 99 por 100 de agua, y su cuerpo, de consistencia blanda, se caracteriza por una excepcional transparencia, similar al cristal, generalmente con coloraciones muy ligeras; su presencia normalmente es revelada por los reflejos iridiscentes producidos por la rítmica pulsación de los órganos de propulsión. Su aspecto recuerda mucho al de las medusas y, como en el caso de éstas, es difícil mantenerlo y conservarlo. En las fotografías, algunos ejemplares de ctenóforos: abajo, y en la página siguiente, arriba:* Mnemiopsis leidyi; *en la misma página, abajo: una forma desprovista de tentáculos y particularmente luminiscente.*





ella. Recogidos y puestos en un frasco con agua de mar, en un local iluminado, dejan de resplandecer. Luego, si en la estancia se apaga la luz durante 20 minutos por lo menos, resplandecen nuevamente con una luz azulada o verdosa.

Este grupo es exclusivamente marino, aun cuando algunos de sus miembros prosperen en la bahías y en los estuarios con un contenido en sal que sea igual sólo a una tercera parte del que posee el mar abierto. De más de unas ochenta especies, setenta se pueden encontrar en los mares cálidos, tres sólo viven en las aguas árticas y septentrionales y tres son formas de los mares profundos. La distribución varía con las oscilaciones de temperatura, y muchos ctenóforos emigran desde la superficie hacia las profundidades y de nuevo a la superficie con el cambio de las estaciones. Frente a las costas de Nueva Inglaterra, los ctenóforos en busca de alimento constituyen una amenaza para las huevas y para los alevines del bacalao. En Inglaterra, los expertos en ictiología tienen buenas razones para pensar que la explosión demográfica de estos animales en ciertos años da lugar a una hecatombe semejante entre los alevines de arenques, constituyendo así uno de los factores principales para determinar, en años diferentes, las dimensiones de los bancos de las nuevas generaciones de estos peces. La transparencia de los ctenóforos habla elocuentemente de los fantásticos festines que pueden darse a costa de los copépodos, de pequeños peces, de larvas y de huevos.

Los platelmintos

De los muchos *phyla* que incluyen miembros de aspecto vermiforme, los platelmintos son los menos evolucionados. No tienen, por ejemplo, un sistema sanguíneo para transportar las sustancias esenciales a los tejidos corpóreos. De aquí se extraen dos consecuencias: el cuerpo resulta típicamente aplanado, lo que garantiza una amplia superficie para el intercambio de los productos de la respiración (gases respiratorios) hacia y desde los tejidos; el sistema digestivo está abundantemente ramificado, de manera que sus productos puedan ser introducidos y transportados en el ámbito de difusión típica de toda célula corpórea. En los platelmintos continúan operando los principios fundamentales del esqueleto hidrostático, aunque se expresen en tipos de estructuras diferentes y más elaboradas respecto de los celentéreos. La organización del cuerpo de un platelminto es más compleja todavía, lo que posibilita el aprovechamiento de un mayor ámbito de acción del hábitat.

Estrechamente asociada con el desarrollo de los órganos, y probablemente un factor esencial de promoción de este hecho, es la aparición durante el desarrollo embrional de un mesodermo, una masa ancha de células que separa al ectodermo del endodermo y que se deriva de una u otra de estas capas embrionarias. Los animales que lo poseen se llaman triblásticos, por contraposición a las esponjas y celentéreos, que son animales diblásticos. En los platelmintos, por primera vez, se encuentra un parénquima mesodérmico.

Los platelmintos se subdividen en cinco clases, una de las cuales, los turbelarios, comprende especialmente formas de vida libre que conservan una epidermis ciliada. Las demás clases (trematodos, monogenéticos, temnocéfalos y cestodos) contienen exclusivamente formas parásitas que han perdido los cilios.

Los turbelarios son en primer lugar acuáticos y en su mayoría marinos; viven preferentemente en el fondo, en la arena o en el lodo, bajo las piedras o entre las plantas acuáticas de la orilla. Los gruesos turbelarios acuáticos, particularmente del género *Planaria,* se deslizan contrayendo y estirando la musculatura.

Los progresos logrados por los nemertinos son lo bastante importantes como para justificar su separación de los platelmintos y su colocación en un *phylum* independiente, cuyas características recuerdan otras mejoras estructurales que aparecen en los anélidos y en los artrópodos.

Los nemertinos son animales marinos típicamente litorales; raras son las formas terrestres y de agua dulce. Su longitud varía desde algunos milímetros hasta 30 metros (en el caso de *Lineus longissimus*), como se encuentra en formas que viven en el mar del Norte. La epidermis es más compleja que la de los platelmintos; debajo existe una dermis, que puede ser gelatinosa o fibrosa y que apoya sobre una membrana basal. Otras propiedades de los nemertinos son: la presencia de un ano, de un sistema circulatorio y de una probóscide con una forma única para el tipo. Esta, en posición de reposo, está invaginada en el cuerpo y se encuentra en una cavidad llena de líquido, el rincocele. Se usa para alimentarse o para excavar.

Otra importante innovación, que influyó en la historia de muchos invertebrados y en todo el grupo de los vertebrados, es la evolución de la segmentación metamérica, es decir, el plano de estructura en que el cuerpo se diferencia a lo largo de su eje logitudinal en una serie de segmentos, cada uno de los cuales contiene algunos de los principales sistemas de órganos. La segmentación metamérica, tal como aquí la hemos definido, es característica de los anélidos, de los artrópodos y de los vertebrados (incluyendo entre estos últimos también al procordado anfioxo). Los movimientos de los anélidos y de los artrópodos dependen de la segmentación de la musculatura, del celoma y del sistema nervioso. Los anélidos son animales reptantes y excavadores, y es razonable pensar que su actual forma de vida influyó, en el pasado, en el origen y primera evolu-

PLATELMINTOS TURBELARIOS

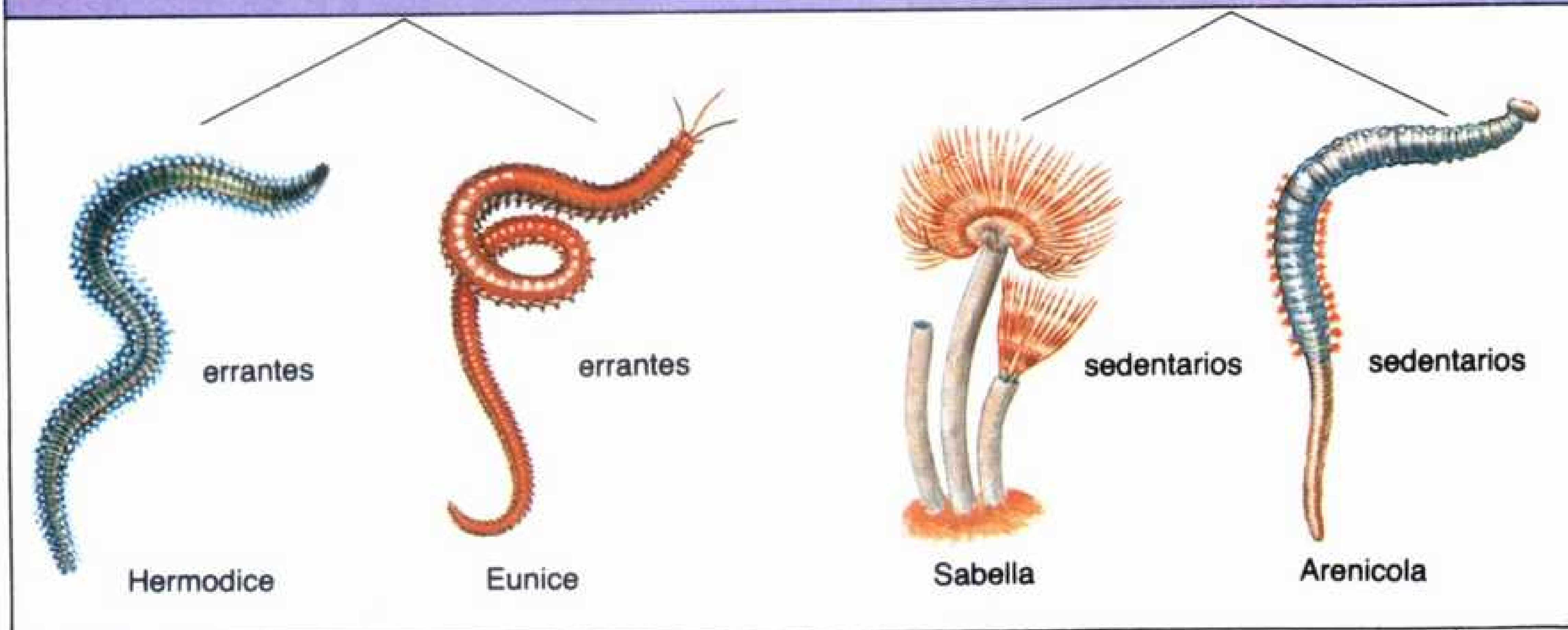






Los platelmintos. *Caracterizados por un cuerpo de forma aplanada, algunos no muy anchos, otros cintiformes, son en gran parte parásitos; las únicas formas que viven en aguas marinas pertenecen a la clase de los turbelarios. En la fotografía de abajo,* Prosthecereus, *de cuerpo estriado y colores brillantes.*

Los anélidos poliquetos. *Estas especies son preferentemente marinas, y se subdividen, según su género de vida, en errantes y sedentarios: los primeros se mueven por el fondo, mientras los segundos están dotados de un tubo que sirve para proteger el cuerpo o bien viven establemente en galerías excavadas en la arena o en el fango. En la página siguiente: dos representantes típicos de los análidos poliquetos.*







ción de su segmentación metamérica. El importante *phylum* de los anélidos, o gusanos segmentados, comprende representantes marinos, de agua dulce y terrestres. Los tres grupos principales son los poliquetos, los oligoquetos (lombrices y *Tubifex*) y los *hirudíneos* (sanguijuelas). La mayor parte posee cuerpos cilíndricos, blandos, con un intestino que corre desde la boca, situada en la parte anterior, hasta el ano, en la parte posterior. A los anélidos se les considera más evolucionados que los nemertinos y otros gusanos inferiores, ante todo por la organización metamérica y, en segundo lugar, por la presencia de una amplia cavidad corpórea o celoma, que aprovechan tanto para la locomoción como para otras actividades. Los poliquetos son casi exclusivamente marinos, y se distinguen por la presencia de prolongaciones corpóreas parecidas a miembros articulados, los parápodos, de las que emergen penachos de cerdas rígidas parecidas a pelos. Un poliqueto típico tiene segmentos bien marcados, es carnívoro y utiliza para la locomoción el movimiento sinuoso del propio cuerpo o los parápodos.

El tipo sipunculoideos comprende cerca de 250 especies diversas de gusanos marinos sedentarios. Cuando se extienden, estos animales se asemejan a un «bate de béisbol», con una corona de tentáculos que sirven para recoger el alimento. Si se les molesta, se encogen bruscamente invaginando la mitad anterior del cuerpo, llamada trompa, o introverso, en el interior del tronco, y arrollándose en bola hasta asumir un aspecto que recuerda la parte comestible de los cacahuetes.

La mayoría vive en aguas poco profundas, pero se han encontrado algunos en profundidades superiores a los 5.000 metros. Se desarrollan de una larva, llamada trocófora, que nada activamente, y abandonan en el mar, donde tiene lugar la fecundación, sus huevos y espermatozoides, que se liberan a través de los metanefridios, o túbulos excretores.

Entre los descubrimientos más sorprendentes llevados a cabo en el siglo XX, al dragar los fondos a gran profundidad, se recuerda el de los pogonóforos, un *phylum* que incluye criaturas vermiformes, tubícolas, que pasan la vida solitariamente y alcanzan los seis centímetros de longitud. El cuerpo de estos gusanos largos y esbeltos se subdivide en tres regiones: una probóscide que ostenta en la parte inferior de uno a más de doscientos tentáculos; un mesosoma, o tronco, y un largo cuerpo posterior cuyo tercio final puede distinguirse por numerosos anillos sucesivos con papilas adhesivas. Con ellas, el pogonóforo logra mantenerse colgado al tubo delgado y adherente que ha segregado en el fango del fondo marino.

Los tentaculados

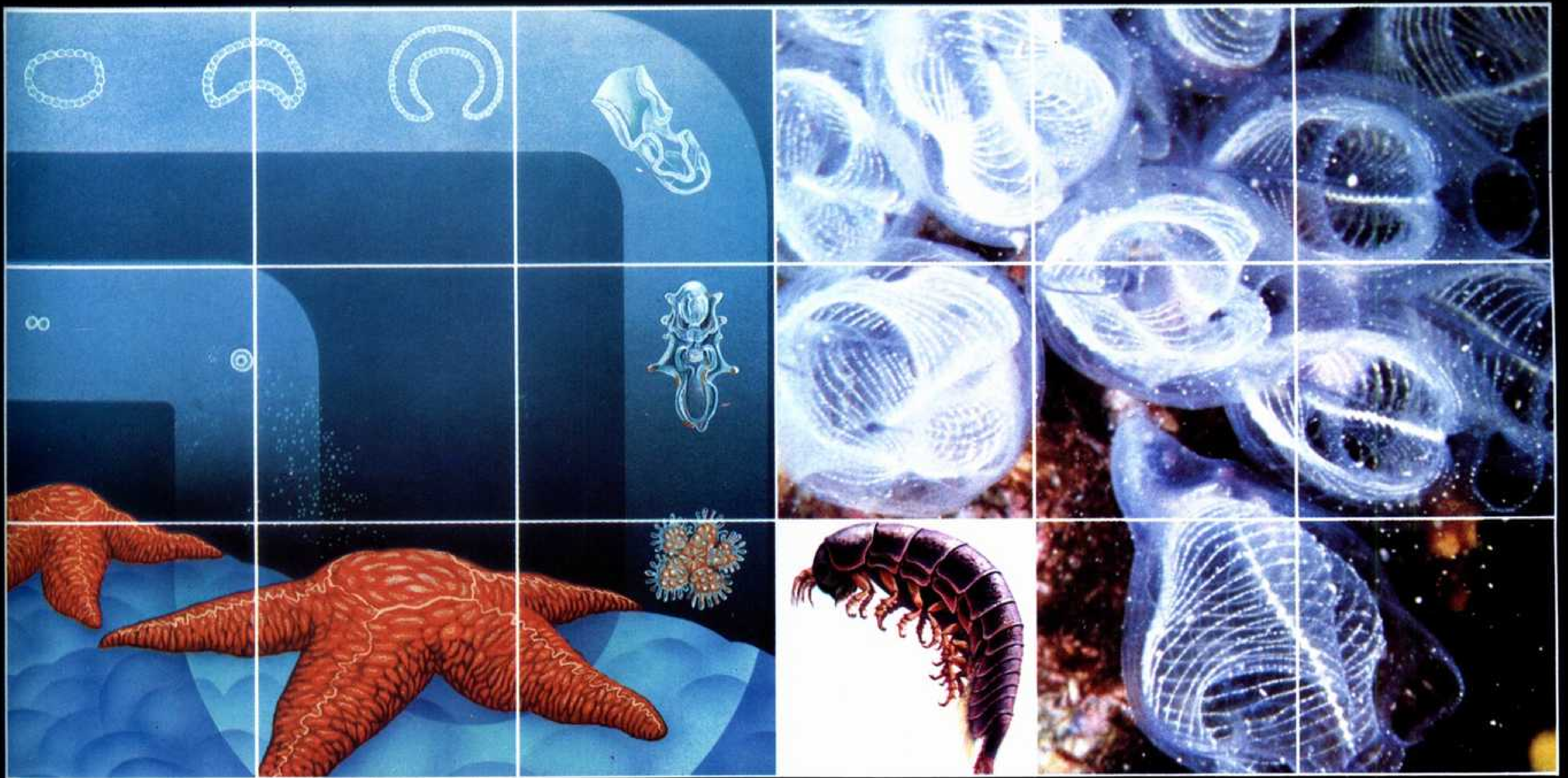
Los briozoos y los braquiópodos poseen un órgano, llamado lofórofo, para la captura del alimento, constituido por un pliegue de la pared corpórea que circunda la boca, y ostenta numerosos tentáculos ciliados, que son prolongaciones huecas de la pared corporal; sus segmentos ciliados empujan la corriente de agua hacia el lofóforo, para recoger el plancton de que se alimenta el animal.

Los briozoos son criaturas minúsculas, de algunos milímetros de longitud, con penachos o ramificaciones: viven tanto en aguas marinas poco profundas como en pantanos, ríos y lagos. A pesar de sus dimensiones, cada animal presenta en el seno de la colonia una notable complejidad, y sus principales órganos son equivalentes a los de los animales superiores. Viven en un minúsculo habitáculo llamado zooecio, cuya abertura está protegida como una tapadera que se abate cuando el animal se retrae. Los componentes de la colonia están frecuentemente unidos entre sí por un celoma común; toda la colonia dispone luego de un zooecio continuo de carbonato de calcio o de un material viscoso quitinoso. La reproducción es agámica o sexual, mientras las colonias se forman por gemación agámica y por proliferación. Los briozoos están representados por 4.000 especies vivas, sobre todo marinas. Este grupo de animales de amplia distribución se extiende desde las regiones polares cubiertas de hielos hasta los trópicos, y desde la línea costera hasta los 5.400 metros de profundidad. La mayor parte de la especie se limita, sin embargo, a las aguas poco profundas de la zona litoral, desde la línea de bajamar a los 180-360 metros de profundidad. A partir de esta profundidad, hacia mar abierto, disminuye drásticamente el número de géneros y de especies. Y aparentemente muestran poca preferencia por el substrato: conchas de moluscos aún vivos, palos de amarra, algas, hidrozoos y cascos de embarcaciones se ven densamente incrustados por estos minúsculos animales. El *phylum* de los braquiópodos comprende animales que se asemejan a moluscos bivalvos, porque poseen un manto y un caparazón a menudo bivalvo. La semejanza, no obstante, es superficial, dado que en los braquiópodos las dos valvas delimitan el cuerpo dorsal y ventralmente, en vez de lateralmente, y la valva ventral es más gruesa que la dorsal. Además, está generalmente fija al substrato directamente o por medio de un pedúnculo similar a un cordón. Los lóbulos del manto segregan el caparazón y encierran el lofóforo.

Todos los braquiópodos son marinos y casi ninguna especie se encuentra a profundidades que superen el margen de la plataforma continental. La mayoría de las especies viven fijas a las rocas o a otros substratos sólidos, pero algunas formas, como *Lingula,* excavan galerías verticales en los fondos arenosos y fangosos.



Un delicado encaje. Retepora cellulosa *es una de las formas más llamativas de los briozoos, con sus colonias en forma de abanico.*





Los invertebrados superiores

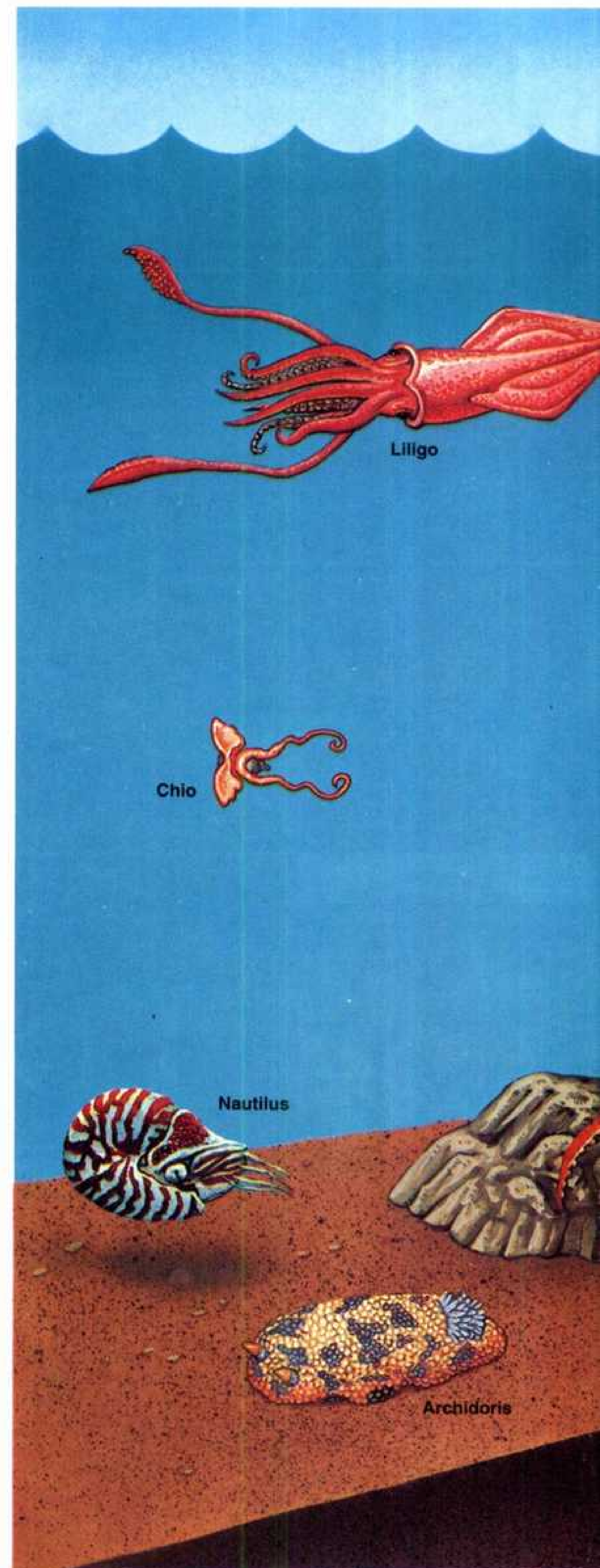
Los moluscos

Entre los invertebrados superiores se cuentan numerosos *phyla,* cada uno de los cuales tiene elementos que pueden remontarse, según los documentos fósiles, por lo menos a los inicios del Cámbrico (hace 570 millones de años), cuando aparecieron por primera vez los caparazones duros. Cada *phylum* parece haberse formado y evolucionado en el medio marino. Uno de los más importantes es el de los moluscos, así llamado porque tienen el cuerpo blando (en latín, *mollis* significa «blando»); representan el grupo de invertebrados más conocidos y el segundo grupo como entidad numérica después de los artrópodos. Tienen una simetría bilateral, no están segmentados y su cuerpo está comúnmente protegido dentro de un caparazón, o concha, de material calcáreo. Incluyen en general animales bentónicos, pero que pueden nadar libremente: por ejemplo, los pulpos, las babosas de mar, las ostras, los mejillones, las almejas, las chirlas y los calamares. De gran interés como recurso alimentario para el hombre, los moluscos tienen orígenes muy antiguos.

Los moluscos se subdividen en cinco clases: los gasterópodos (babosas de mar, caracoles); los poliplacóforos (de caparazón formado por varias placas imbricadas, como el quitón); los escafópodos (dotados de concha en forma de colmillo, como los «colmillos de mar»); los lamelibranquios o bivalvos (ostras, almejas, mejillones, taclobos, etc.), y los cefalópodos, que pueden dividirse a su vez en dibranquios (sin concha externa, como las jibias y pulpos) y tetrabranquios (enrollados en espiral en una concha, como el nautilo).

Aun cuando en nada se parezcan externamente una almeja, un pulpo y una babosa de mar, el grupo tiene, sin embargo, características únicas que no se encuentran en otros grupos. Por ejemplo, posee una rádula —estructura para raspar semejante a una lengua— y un manto carnoso que segrega la concha. La mayoría de los moluscos tienen caparazón ex-

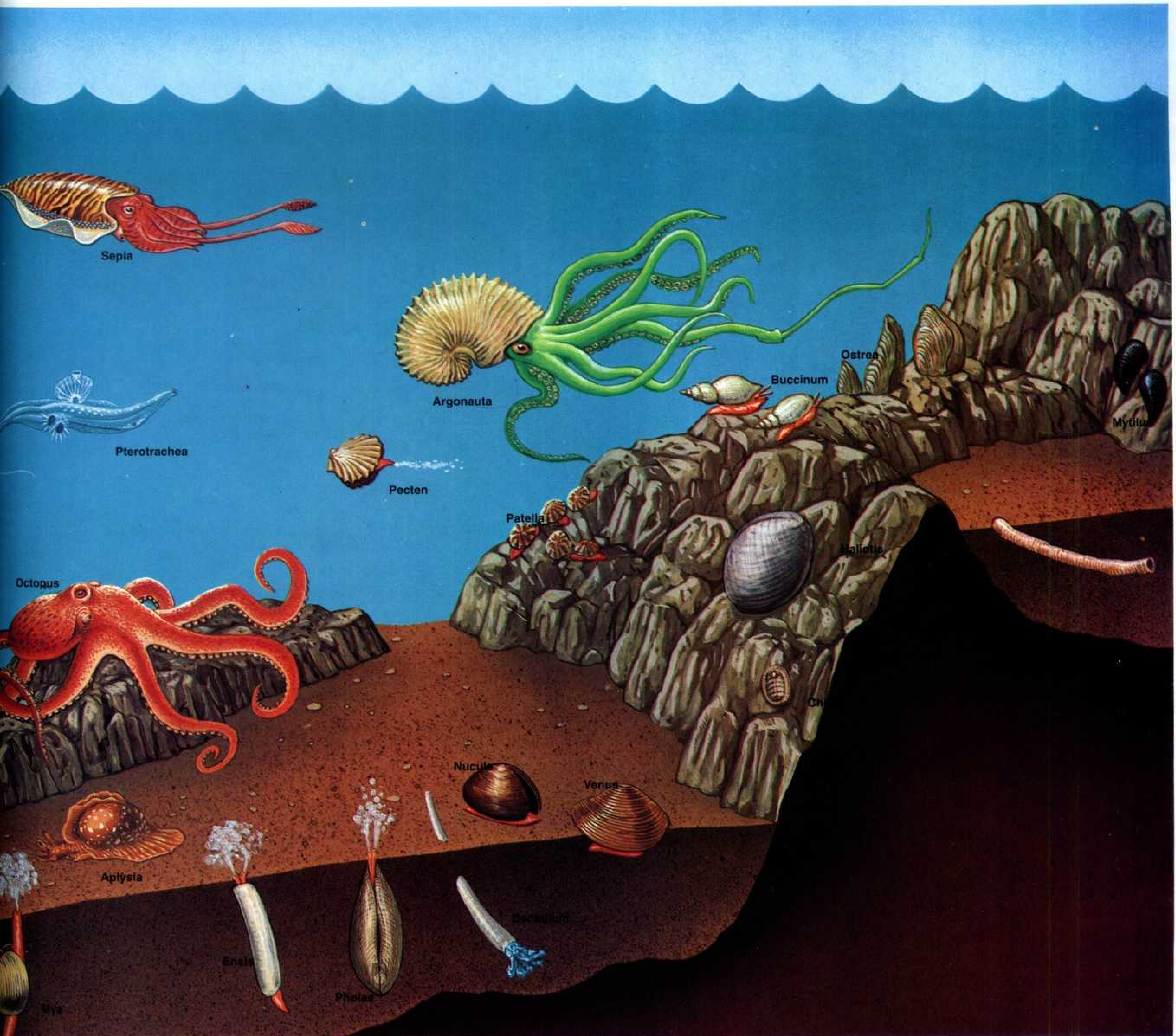




Animales con concha. *Los moluscos son el* phylum *animal más abundante en especies, muchísimas de las cuales están provistas de concha, esqueleto externo y, en ciertos casos, interno. Abajo, las diversas clases de animales con concha. En la página siguiente, algunos de los moluscos más representativos observados en su hábitat usual. A la izquierda, huevos de nudibranquio, el único orden de los gasterópodos al que pertenecen animales desprovistos de concha.*

MOLUSCOS

POLIPLACOFOS	BIVALVOS	GASTEROPODOS	ESCAFOPODOS	CEFALOPODOS DIBRANQUIOS	CEFALOPODOS TETRABRANQUIOS
Chiton	Pecten	Buccinum	Dentalium	Octopus	Nautilus



terno, que puede ser tubular, enrollado en espiral, bivalvo o hecho de placas superpuestas e imbricadas.

Los sexos están separados, en general; pero existen también algunos moluscos, como las babosas de mar, que son hermafroditas. Los huevos y espermatozoides se producen en la misma parte de la misma gónada, o por distintas partes de la misma gónada, o por ovarios y testículos separados. Cuando los sexos están separados, espermatozoides y huevos pueden ser emitidos directamente al mar para que se produzca la fecundación. Es lo que ocurre en los quitones, en los bivalvos marinos, en los escafópodos y en los gasterópodos inferiores. Otras formas depositan los huevos en el mar después de haberse producido la fecundación interna y los envuelven en masas gelatinosas o los encierran en cápsulas. Las larvas de moluscos son en general planctónicas. En los bivalvos son ciliadas y se las conoce como «velígera». Después de un cierto tiempo, la larva velígera adquiere una minúscula glándula de la concha y baja a las profundidades para convertirse en un adulto en miniatura. Algunos bivalvos, como parte de un mecanismo de supervivencia, producen un número enorme de huevos. Una ostra de sexo femenino emite hasta 60 millones por temporada. Por tanto, algunos bivalvos son extraordinariamente abundantes.

En ciertos bivalvos, la reproducción puede adoptar formas diversas incluso dentro de un mismo género. Mientras en la ostra americana *(Ostrea virginica)* los sexos están separados, en la ostra europea (*Ostrea edulis*) y en la del Pacífico (*Ostrea lurida*) las gónadas del mismo individuo producen espermatozoides y huevos conforme a una secuencia regular. En la ostra del Pacífico los huevos son fecundados dentro de la cavidad del manto de una «hembra», donde se desarrollan en larvas que son liberadas luego en el mar.

Los moluscos, originariamente marinos, se encuentran en todos los ámbitos, desde la zona intercotidal hasta las grandes profundidades oceánicas. Sus dimensiones varían desde las formas casi microscópicas a los gigantes del mar. La gigantesca *Tridacna,* que se encuentra en las aguas tropicales del Pacífico, puede superar los 200 kilogramos de peso.

Un calamar gigante, *Architeutis,* que llega empujado por las olas a las costas de Nueva Zelanda, es uno de los mayores invertebrados vivientes.

Poliplacóforos y gasterópodos

SE trata de moluscos con una única valva, o con un cuerpo cubierto de placas, en general algo más primitivos que los cefalópodos y los bivalvos.

Los quitones, representantes de la clase de los poliplacóforos, se encuentran en aguas poco profundas, aferrados a las escolleras. Se nutren de algas y de organismos microscópicos, y predominan en la zona intercotidal. Tienen muy pocos enemigos, porque sus placas dorsales los protegen contra los depredadores y se fijan sólidamente a las rocas con un robusto pie en ventosa. Se mueven lentamente nutriéndose acá y allá de minúsculas algas, pero generalmente regresan al punto de partida para descansar.

Los gasterópodos son moluscos univalvos, que comprenden las lapas, las orejas de mar, los múrices, las liebres de mar y las babosas. Aparte de estas últimas, que o carecen de concha o poseen una muy reducida y cubierta por la piel, los gasterópodos tienen un caparazón constituido por una sola pieza. Además de las numerosas especies acuáticas, se cuentan diversas especies terrestres, como el conocido caracol común comestible (*Helix pomatia*) y la babosa, absolutamente desprovista de caparazón. La mayoría de las especies marinas viven a lo largo de las costas en la zona intercotidal o en el fondo, en aguas poco profundas. Algunas tienen una forma de vida pelágica y se conocen con el nombre de nudibranquios, o «mariposas de mar». Los nudibranquios nadan cerca de la superficie y están considerados entre los más bellos animales marinos. La mayor parte de las babosas y de las lapas ramonea el material de origen vegetal sirviéndose de la rádula. Algunas babosas, sin embargo, son carnívoras, habiendo adaptado su rádula para perforar las conchas de otros moluscos o incluso moluscos de la misma especie, degustando la masa corpórea interna en una forma de canibalismo.

La fuerte concha de los gasterópodos hace que estén bien representados entre los fósiles, habiéndose encontrado muchísimos; los primeros se remontan al Cámbrico.

La concha de forma más simple es la cónica, cuyo ejemplo más frecuente son las lapas. El animal se fija al interior de la única valva con un robusto músculo, que termina en un amplio pie adherente con el que puede arrastrarse sobre las rocas de la zona intercotidal, permaneciendo bien fijo bajo la violencia de las olas.

Más frecuente es la concha arrollada en hélice con la formación de vueltas de cada vez mayor amplitud; el conjunto de estas vueltas constituye una espiral. Este enrollamiento en espiral puede hacerse sobre un solo plano, como el muelle de un reloj; o puede ser irregular, originan-





Caparazones especiales. *Ocho placas calcáreas parcialmente móviles protegen el cuerpo de los poliplacóforos (arriba), que pueden así enrollarse. Estos moluscos viven en estrecha relación con el fondo, donde por medio de su pie se adhieren fuertemente a rocas y piedras; se alimentan de algas y pequeños animales. Semejante a una pequeña trompa de elefante es la concha de los escafópodos, moluscos exclusivamente bentónicos, cuya especie más común es* Dentalium *(a la derecha). Estos animales pueden vivir tanto en las zonas litorales como en las abisales. La concha, en las formas de mayor tamaño, puede llegar a los 12 centímetros de longitud; excavan con su pie galerías oblicuas en el fondo marino, escondiéndose en ellas y poniéndose así a salvo de depredadores.*



Moluscos sin concha. *Los nudibranquios (arriba) son animales espléndidamente coloreados, que en el estado adulto no tienen concha. La cabeza está provista de tentáculos olfativos (foto grande), mientras en el dorso del animal hay numerosas papilas multiformes que fungen como órganos respiratorios. La pérdida de la concha guarda relación con la necesidad de aligerar el cuerpo para conquistar formas de vida diversas.*

do la formación de conchas tubulares. A menudo, la última vuelta prevalece sobre las precedentes, y el aspecto de la concha, al ser la espiral muy reducida, se lo confiere el perfil de la última vuelta: ésta puede desarrollarse en forma globular, cónica, cilíndrica, oval, etc. En cambio, si la espiral es manifiesta, con numerosas y evidentes anfractuosidades, se tiene una concha torreada; si, al propio tiempo, la base se prolonga en un canal, se da una concha fusiforme. Se ve, pues, cuán numerosas pueden ser las formas de una concha. La mayoría de las espirales se enrollan en sentido dextrorso, pero hay algún caso en sentido sinistrórsum.

Muchos tipos de lumache poseen como defensa contra los depredadores, en la parte dorsal del pie, una tapa oval llamada opérculo; cuando el animal se asusta y retira su cuerpo blando dentro de la concha, el opérculo cierra completamente la entrada.

Las conchas de los gasterópodos, particularmente de los que viven en las lagunas y aguas más profundas, están a menudo decoradas con elegantes espirales que facilitan su estabilidad y sirven para mantener alejados a los depredadores.

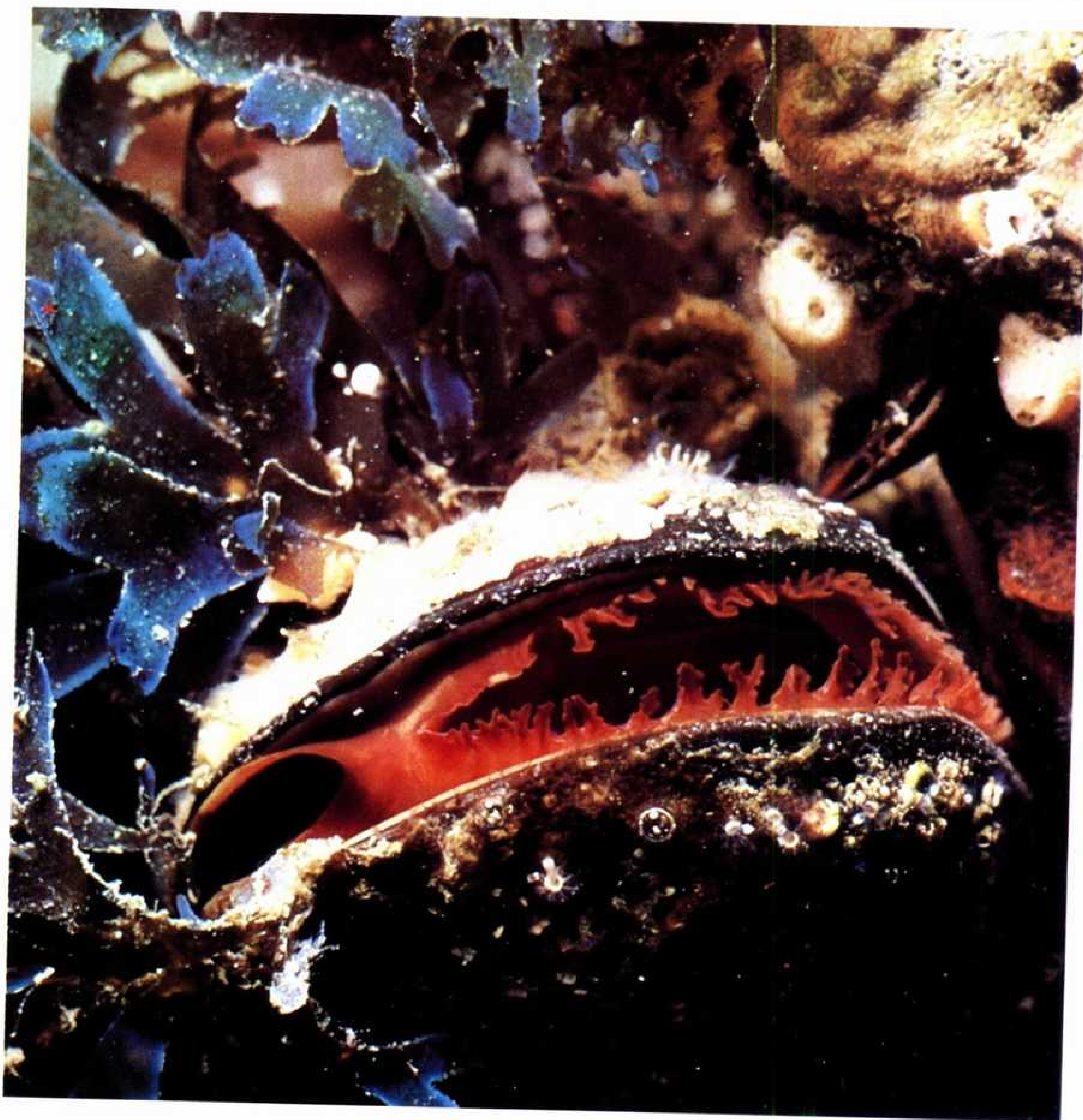
El género *Conus* ha desarrollado una poderosa arma defensiva en forma de dardo venenoso, que, desde detrás del pie, puede dispararse con el extremo puntiagudo.

Existe, finalmente, una tercera clase de moluscos con concha cónica, el pequeñísimo grupo de los escafópodos. Su concha es tubular, ligeramente curvada y abierta en ambas extremidades. Se trata de animales marinos que viven en los fondos arenosos y fangosos: parcialmente sepultados en posición oblicua, excavan una fosa con el pie musculoso que sobresale en la extremidad anterior.

Bivalvos y cefalópodos

ESTAS dos clases son las más desarrolladas del *phylum* de los moluscos: los bivalvos, con una concha constituida por dos valvas de carbonato de calcio, y los cefalópodos, con una única concha enrollada en espiral. En general, los primeros son formas bentónicas sésiles, mientras los segundos tienden a ser pelágicos que nadan libremente. Los bivalvos, llamados también pelecípodos o lamelibranquios, tienen normalmente una simetría bilateral, con una concha constituida por dos valvas prácticamente iguales. Muy abundantes en el mar, comprenden las almejas, las ostras, los mejillones, las vieiras, o conchas de peregrino, y los corazones de buey, cuya mayor parte se alimenta filtrando la comida. Algunos, como *Lhithophagus,* pueden utilizar la concha como raedera para perforar las rocas calcáreas de la zona intercotidal en la que preparan su nicho. Las almejas viven sobre todo en los fondos cenagosos blandos. Ciertas especies (ostras y mejillones) se arraciman formando colonias que dan origen a barreras. El bivalvo *Teredo,* o broma, perfora la madera que flota o el casco de las embarcaciones, y se alimenta con el serrín.

Los cefalópodos (del griego *Kephalé,* cabeza, y *poús,* pie) son los más evolucionados de todos los moluscos: se trata de animales cuya cabeza está circundada de tentáculos que fungen como miembros. Incluyen la sepia, el *Nautilus,* el pulpo y



Las conchas más comunes. *En las playas de nuestros mares, las conchas que más fácilmente se encuentran están formadas por dos valvas; pertenecen, pues, a los moluscos bivalvos, como* Mytilus edulis *(en la página anterior, abajo), el mejillón. En la misma página, arriba, un pectínido con las valvas abiertas. Esta concha es una de las más apreciadas por los que se dedican al coleccionismo.*

Los moluscos más evolucionados. *A los cefalópodos, moluscos con muy elevada organización, pertenece el* Nautilus, *un fósil viviente (arriba). Su concha (sección en la foto pequeña) está dividida en numerosos compartimientos, el último de los cuales ocupa el animal. Son cefalópodos también las sepias y los pulpos (abajo). Las primeras poseen una rudimentaria concha interna, de la que carecen los segundos.*

el calamar. Algunas formas han conseguido un elevado grado de movilidad eliminando la concha protectora. La jibia, por ejemplo, tiene un cuerpo aerodinámico con elegantes aletas, y se mueve rápidamente en el agua al expulsar chorros de agua que produce al expandir y contraer el manto muscular. Podemos describir el cefalópodo como un animal que tiene una concha externa (como el *Nautilus)* o interna (como la sepia). Todas las especies, salvo el *Nautilus,* poseen una glándula que produce tinta, que es almacenada en una bolsa a propósito. La tinta de los calamares y de los pulpos es expulsada en forma de «cortina de humo», a fin de defenderse de potenciales enemigos. Los pulpos viven en cavidades en el fondo rocoso de mares poco profundos o bien en el caparazón vacío de otro molusco, y depredan de noche crustáceos y pequeños moluscos. Los calamares tienden a cazar crustáceos y peces en la plataforma continental y en aguas profundas. El pulpo y el calamar gigante son temidos por los buceadores, tanto por sus potentes y peligrosos picos como por los brazos y tentáculos provistos de ventosas. Por su cuerpo blando, estos animales son desconocidos como fósiles; sin embargo, la sepia posee una lámina blanca porosa (el hueso de sepia) de cinco a 30 centímetros de longitud, que es frecuente encontrar en las playas.





Los crustáceos

ARTROPODOS

QUELICERATOS XIFOSUROS



Limulus

CRUSTACEOS CIRRIPEDOS



Lepas

CRUSTACEOS ESTOMATOPODOS



Squilla

CRUSTACEOS DECAPODOS



Palinurus

CRUSTACEOS ANFIPODOS



Talytrus

CRUSTACEOS ISOPODOS



Limnoria

Los artrópodos, con más de un millón de especies diversas, constituyen el *phylum* más amplio en el reino animal.

Muchos artrópodos son insectos, los cuales están escasamente presentes en el medio marino.

En el mar, los artrópodos están representados principalmente por la clase de los crustáceos, animales de formas y dimensiones diversas, que varían desde las microscópicas pulgas de agua y los copépodos, pequeñísimos también, hasta los bálanos, los cangrejos de río y de mar, los bogavantes y las langostas. La forma más grande es el cangrejo gigante del Japón *(Macrocheira kaempferi)*, que puede pesar 25 kilogramos y medir hasta cuatro metros. Los crustáceos tienen miembros articulados y poseen esqueletos externos segmentados y apéndices también segmentados. El cuerpo presenta una simetría bilateral, con cabeza, tórax y abdomen. En todos los grupos de artrópodos es evidente una tendencia a la fusión de segmentos corpóreos.

Por ejemplo, la cabeza puede fundirse con el cuerpo y, en ciertos casos, con algunos o todos los segmentos torácicos que producen una división, conocida como cefalotórax.

En muchas formas, el cefalotórax está parcial o totalmente cubierto por un escudo protector, el caparazón. Los apéndices se encuentran a lo largo de todo el lado ventral del cuerpo, y están adaptados, en primer lugar, para la locomoción; pero sirven además para la respiración y la reproducción. Un apéndice característico es el que se ha transformado en pinza o en remo (en los artrópodos que nadan). La cabeza ostenta cinco pares de apéndices, dos pares de antenas, un par de mandíbulas y dos pares de quijadas. El número de apéndices torácicos varía desde un par hasta muchos.

El exoesqueleto consta de segmentos cuticulares duros, unidos entre sí de modo que se superponen parcialmente: así ocurre, por ejemplo, en los bogavantes y en las langostas. Está constituido por quitina, una sustancia impregnada de carbonato de calcio; esta quitina se hace más delgada en las junturas, permitiendo así el movimiento. El proceso de crecimiento de los crustáceos, llamado muda, consiste en la periódica sustitución del exoesqueleto y en la formación de un nuevo esqueleto de mayores dimensiones.

Los crustáceos tienen una notable capacidad de regeneración: el crecimiento de un nuevo miembro, por ejemplo, comienza inmediatamente después de desprenderse el anterior.

En muchos aspectos, los crustáceos tienen todos los atributos corpóreos esenciales que están presentes en el hombre y en los organismos superiores.

La estructura interna de los crustáceos consiste en un tubo digestivo que corre de la boca al ano; órganos excretores representados en general por uno o más pares de glándulas tubulares; un sistema circulatorio primitivo; órganos respiratorios (branquias), y un sistema nervioso primitivo pero eficaz.

En la mayoría de los crustáceos, los sexos están separados. Estos animales, como los vertebrados, se reproducen por unión de los sexos opuestos. Comúnmente, la hembra conserva los espermatozoides del macho hasta que los huevos han madurado para ser puestos. En los cangrejos, las hembras llevan los huevos en los miembros abdominales, manteniéndolos así hasta que eclosionan. Tras la eclosión, los jóvenes pasan por numerosos estadios larvarios, y no tienen a primera vista semejanza alguna con los progenitores.

De las aproximadamente 26.000 especies de crustáceos vivos se conocen ocho subclases: los cefalocáridos, los branquiópodos, los ostrácodos, los mistacocáridos, los copépodos, los branquiuros, los cirrípedos y los malacostráceos. Los cefalocáridos son un pequeñísimo grupo de tres especies solamente. Se trata de organismos microscópicos encontrados en algunas localidades del Atlántico a profundidades que llegan a los 400 metros.

Los branquiópodos comprenden por lo menos 800 especies. Su nombre significa animales «que tienen branquias en vez de patas». Sus patas, en efecto, fungen como órganos respiratorios. *Artemia,* el género más conocido, tiñe de rojo o marrón las aguas del mar.

El orden de los cladóceros, también llamados «pulgas de agua», que pertenece igualmente a los branquiópodos, es otro ejemplo de animales que viven en cantidades enormes en las aguas dulces y de mar, constituyendo la dieta principal de muchos peces.

Los ostrócodos, que abarcan más de 2.000 especies, son también animales diminutos, cuya longitud va de uno a cinco milímetros. Los mistacocáridos son organismos microscópicos primitivos con pocas especies, que se encuentran en las aguas intersticiales de las playas arenosas marinas.

La subclase de los copépodos, cuyo nombre significa «patas en remo», es un gran grupo de organismos preferentemente planctónicos, con más de 5.000 especies, cuya longitud es en general inferior a los 10 milímetros. Por ser tan abundantes, los copépodos constituyen el alimento de muchos animales marinos. Los branquiuros, con por lo menos 75 especies, están presentes como parásitos de los peces.

Los cirrípedos viven en las costas rocosas marinas y son permanentemente sésiles. Se encuentran también en las instalaciones portuarias sumergidas y en los cascos

individuo joven
postmysis
mysis
nauplius
individuo adulto

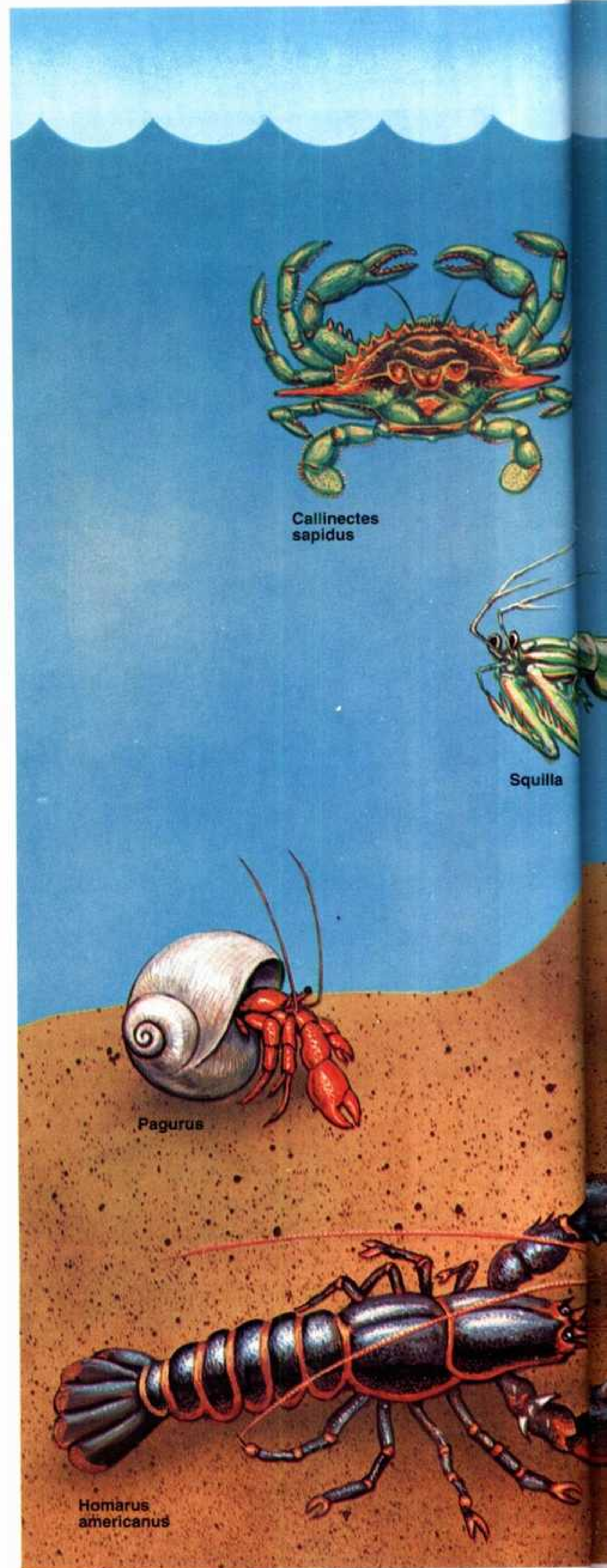


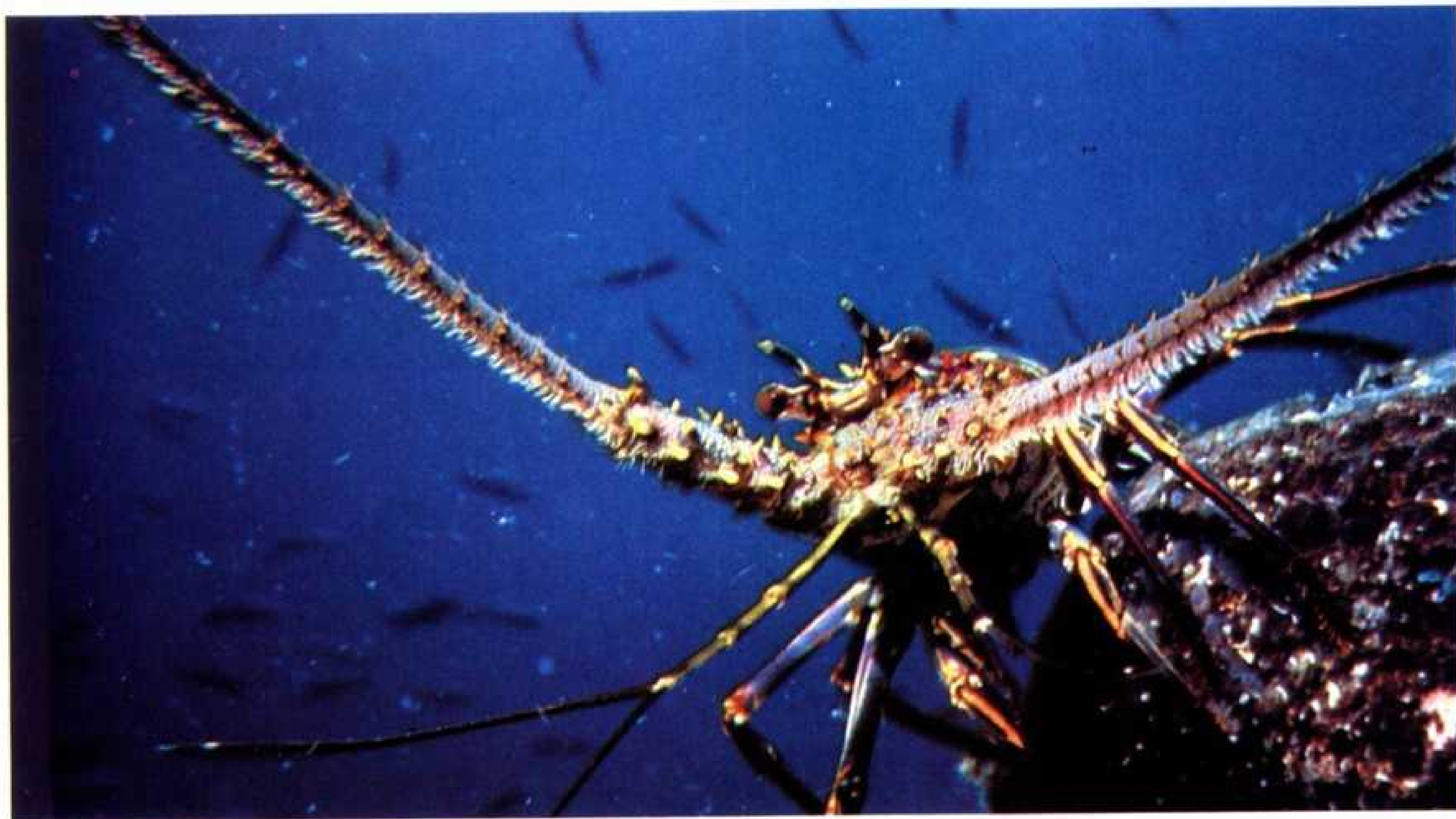


La reproducción de los crustáceos. *Entre la notable variedad de formas de los artrópodos (esquema de la página anterior, la subdivisión de las clases marinas), que constituyen casi el 75 por 100 de las especies del reino animal, la clase de los crustáceos es, desde el punto de vista de la organización corporal, la más representativa. En el dibujo de arriba se representa el ciclo vital de un crustáceo perteneciente a los peneidos, en los cuales la reproducción se inicia con la puesta de los huevos ya fecundados por parte de las hembras, mientras para todos los demás crustáceos estas últimas llevan los huevos entre los apéndices abdominales. Efectuada la puesta, los huevos pasan por las fases larvarias en las que, en general, se desarrollan individuos de formas diversas de las de los adultos. El desarrollo de los* Penaeidae *comprende los estadios larvarios de nauplius, mysis y posmysis; después de las fases de larva, el individuo joven se traslada a aguas poco profundas donde completa su crecimiento. Aquí arriba se observan imágenes de un estadio larvario intermedio de crustáceo, la zoea, caracterizado, entre otras cosas, por un inicio de segmentación abdominal.*

de los barcos. Comprenden cerca de 900 especies; son marinos, tienen aspecto de un quisquilla y están encerrados en una vaina compuesta de numerosas placas calcáreas. Los ejemplares más conocidos pertenecen a los géneros *Balanus* y *Balanomorpha*. En la economía del mar, los bálanos son una constante amenaza para las embarcaciones. Se adhieren también a las aletas de las ballenas.

La subclase malacostráceos, que abarca más de 1.800 especies, incluye los cangrejos, langostas, bogavantes y gambas. Los isópodos y los anfípodos son crustáceos muy semejantes entre sí; parecen quisquillas y abundan en las aguas dulces y saladas. Los primeros incluyen las cochinillas, y se encuentran en los detritos que cubren el fondo, en las aguas dulces y saladas; en general viven libremente, pero en algunos casos pueden parasitar a los peces. Los segundos están representados por las especies *Armadillidium vulgare* y *Orchestia platensis* y por muchas formas planctónicas; son conocidos como los mejores barrenderos del mar porque se nutren de organismos muertos. Por otra parte, algunos anfípodos destruyen las instalaciones fijas de madera de los puertos. Otros, además, como *Cyamus*, el piojo de las ballenas, son parásitos. Representan un abundante recurso alimentario para muchos peces oceánicos (atunes y caballas) y bentónicos, y para los pingüinos del Antártico. Aunque son normalmente animales de modestas dimensiones, isópodos y anfípodos cuentan también con representantes gigantescos. El isópodo bentónico gigante *Bathynomus giganteus* alcanza los 40 centímetros de longitud y se encuentra a grandes profundidades y en los escarpes continentales de todos los mares. El anfípodo de mayor tamaño, *Alicella gigante*, es completamente transparente y posee óptimas capacidades miméticas. Los eufausiáceos tienen un color rojo brillante y son bioluminiscentes. Miden menos de tres centímetros de longitud, pero abarcan también especies gigantes, como *Thysonopoda cornuta*, con cerca de 10 centímetros. Conocidos como krill, son la principal fuente alimentaria de las ballenas; una ballena azul de tamaño mediano consu-









Dónde viven los crustáceos. *Los crustáceos pueblan los más diversos ambientes: algunos pueden quedar al descubierto durante la bajamar, otros alcanzan profundidades de varios miles de metros. Existen especies que viven en las aguas próximas a las costas, como el cangrejo de roca (en la extrema izquierda) y las langostas (arriba). Algunos crustáceos parasitan a animales de la misma clase o de clases diversas. Los paguros (a la derecha) acostumbran a meter el abdomen en las conchas de los moluscos gasterópodos y esconderse en ellas. Los crustáceos cirrípedos se fijan con las glándulas adhesivas de las antenas a ciertos objetos sumergidos, como la quilla de un barco o una roca. Entre éstos se cuenta* Lepas fascicularius *(aquí a la izquierda), que puede parecer un molusco. A la extrema derecha, una gamba de formas estilizadas. Arriba, algunos crustáceos en su ambiente característico.*

Palaemon

Scolpellum

Ocypode albicans

Balanus

Uca pugilator

Palinurus

Limulus polyphemus

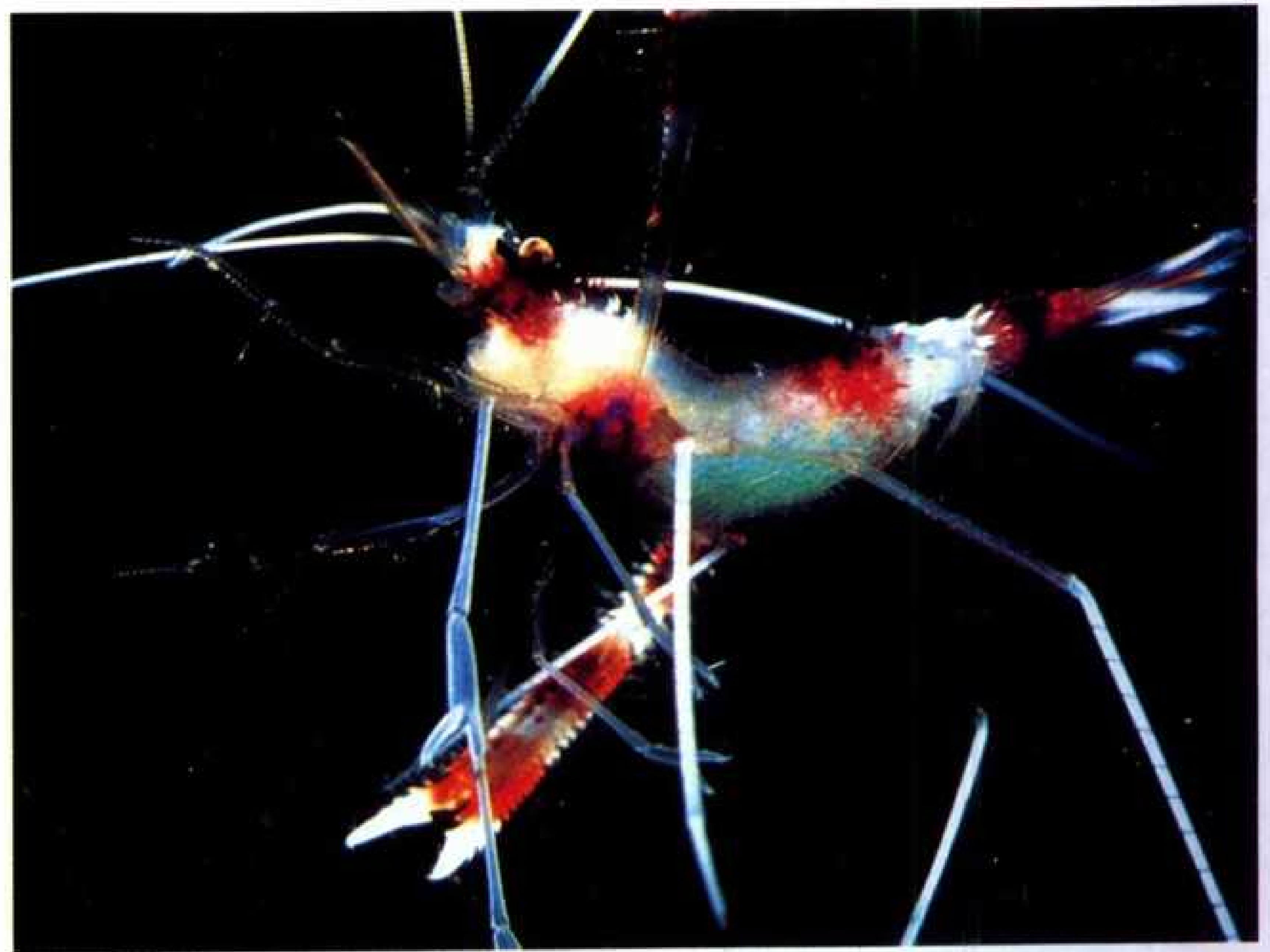
Ovalipes ocellatus

Libinia emarginata

Panopeus herbestii

Hyas coarcticus









me casi tres toneladas en una comida. Artrópodos con estructura sumamente organizada se encuentran entre los hallazgos fósiles del Cámbrico inferior (hace cerca de 570 millones de años). Los primeros y más variados representantes son un grupo hoy extinguido que proliferó mucho durante el Paleozoico. Los trilobites llegaban a medir 50 centímetros, aun cuando la mayoría fuera de dimensiones más modestas (de dos a cinco centímetros). Poseían un exoesqueleto de quitina dividido en tres partes; el animal podía así enrollarse para protegerse.

Al crecer, los trilobites debían sustituir completamente el exoesqueleto (mudando), constituyendo de inmediato un nuevo y mayor revestimiento protector. Por este motivo, los paleontólogos encuentran a menudo considerables cantidades de restos de trilobites, frecuentemente con la cabeza y la cola separadas. Aunque podían nadar, los trilobites eran fundamentalmente bentónicos. Algunas especies se escondían en el fango, mientras otras nadaban cerca de la superficie. Las primeras desarrollaron una cabeza en forma de bola, con los ojos muy atrás respecto del margen frontal; las pelágicas, en cambio, tenían una cabeza más globular, con los ojos situados cerca de este margen.

Que la distribución de las especies bentónicas fuera más limitada que la de las formas pelágicas, resulta importante para los geólogos, pero la rápida especialización y evolución de las primeras han permitido utilizarlas como fósiles guía. Otro *subphylum* extinguido de los artrópodos son los euriptéridos, algunos de los cuales alcanzaban los dos metros de longitud (*Pterygotus*). La larga cola puntiaguda, o telson, atestiguaba la actividad excavadora de estos animales.

Afines a los euriptéridos son los actuales xifosuros, una clase representada hoy por un solo género, *Limulus*. Esta criatura es un «fósil viviente» que sobrevive todavía y se propaga en gran número en los canales y bahías de aguas poco profundas de la zona intercotidal, en los mares templados y tropicales americanos y asiáticos. Respiran mediante branquias, y su fisiología nos documenta mucho sobre las condiciones de vida en los mares de la era Paleozoica.

No hay que olvidar que el más amplio orden de los artrópodos, y en realidad de todas las criaturas vivientes, son los insectos. No obstante, resulta extraño que ninguno se haya adaptado a la existencia subacuática. Sin embargo, muchas formas larvarias se desarrollan en agua dulce, aunque ninguna es propiamente marina. Los picnogónidos son también un *subphylum* de los artrópodos; se parecen a las arañas y comprenden esencialmente formas marinas. Tienen un cuerpo ancho y aplanado sin quelas o pedipalpos. Su característica morfológica principal es, en muchas especies, la reducción del cuerpo en una estructura en tubo, con patas laterales y un órgano parecido a una probóscide, que utilizan para alimentarse como dispositivo de succión y de filtrado. Se conocen cerca de 600 especies, que viven desde la zona intercotidal hasta profundidades de más de 600 metros.



El Limulus. *Este animal se caracteriza por un revestimiento corpóreo compacto y de color pardo que protege el lado superior del cuerpo, y por una aguda espina caudal; cuenta, además, con un único ojo. Una pareja de* Limulus polyphemus *ha sido captada aquí en una excepcional secuencia fotográfica durante algunas fases del apareamiento. Arriba, desde la izquierda, y en la página siguiente, desde arriba: la hembra se acerca al macho y se adhiere a él sobre una piedra; durante la cópula lo arrastra luego por el fondo. Aquí al lado: un ejemplar de araña de mar, perteneciente a los picnogónidos.*

Los equinodermos

ESTRELLAS de mar, ofiuros, erizos de mar, cohombros y plumas de mar, comunes y muy abundantes en los mares, eran ya conocidos del hombre antiguo. El nombre equinodermo deriva del griego *echinos,* espinoso, y *derma,* piel. Su cuerpo tiene una simetría radial con un esqueleto calcáreo consistente en espículas o placas presentes en la pared corporal.

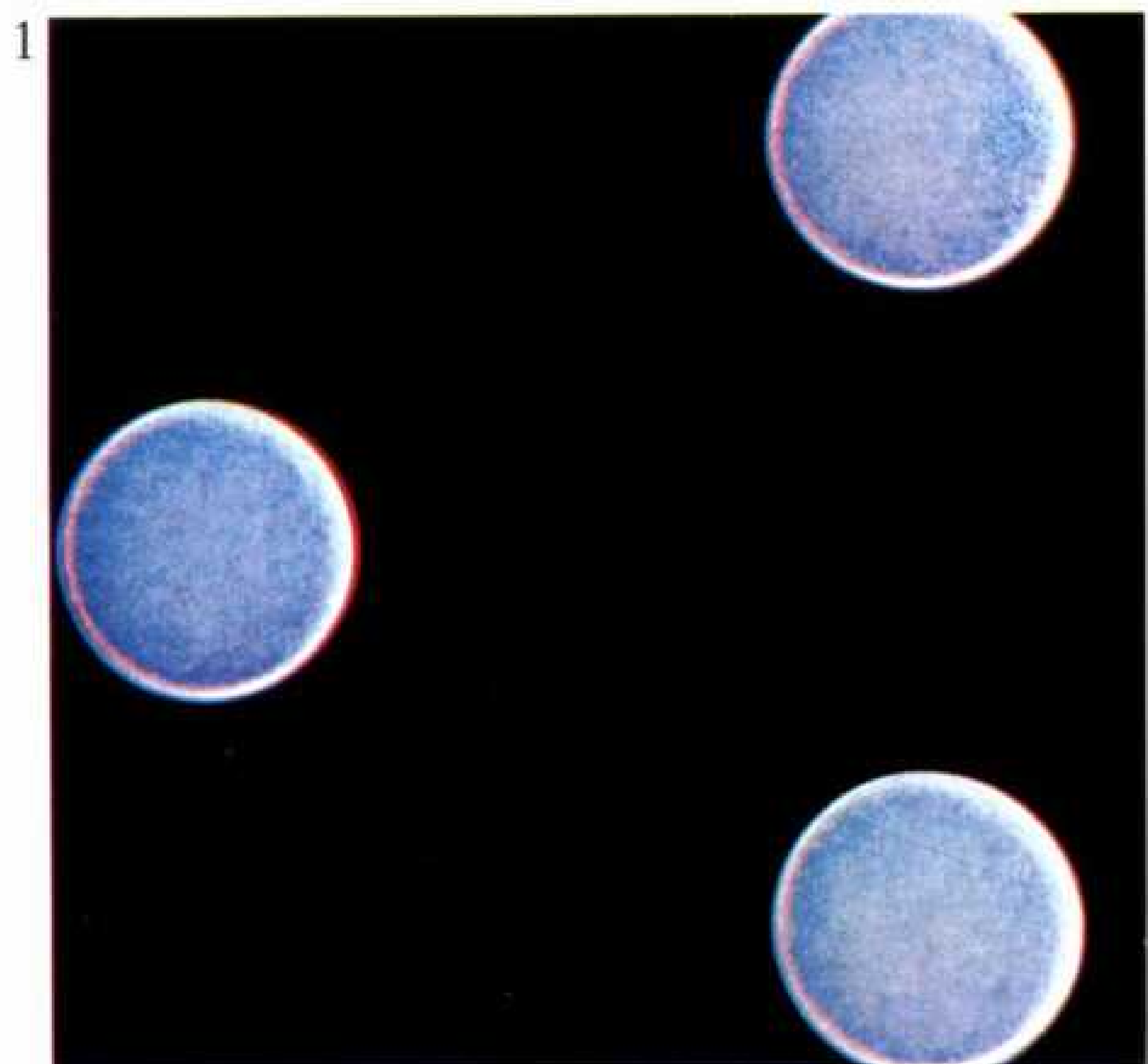
La característica más marcada es el sistema hidrovascular, que consiste en una red hidráulica de minúsculos tubos que terminan en una serie de pedicelos ambulacrales de forma tubular y provistos de ventosa; éstos tienen una función de adherencia y de locomoción, sirviendo también para capturar las presas.

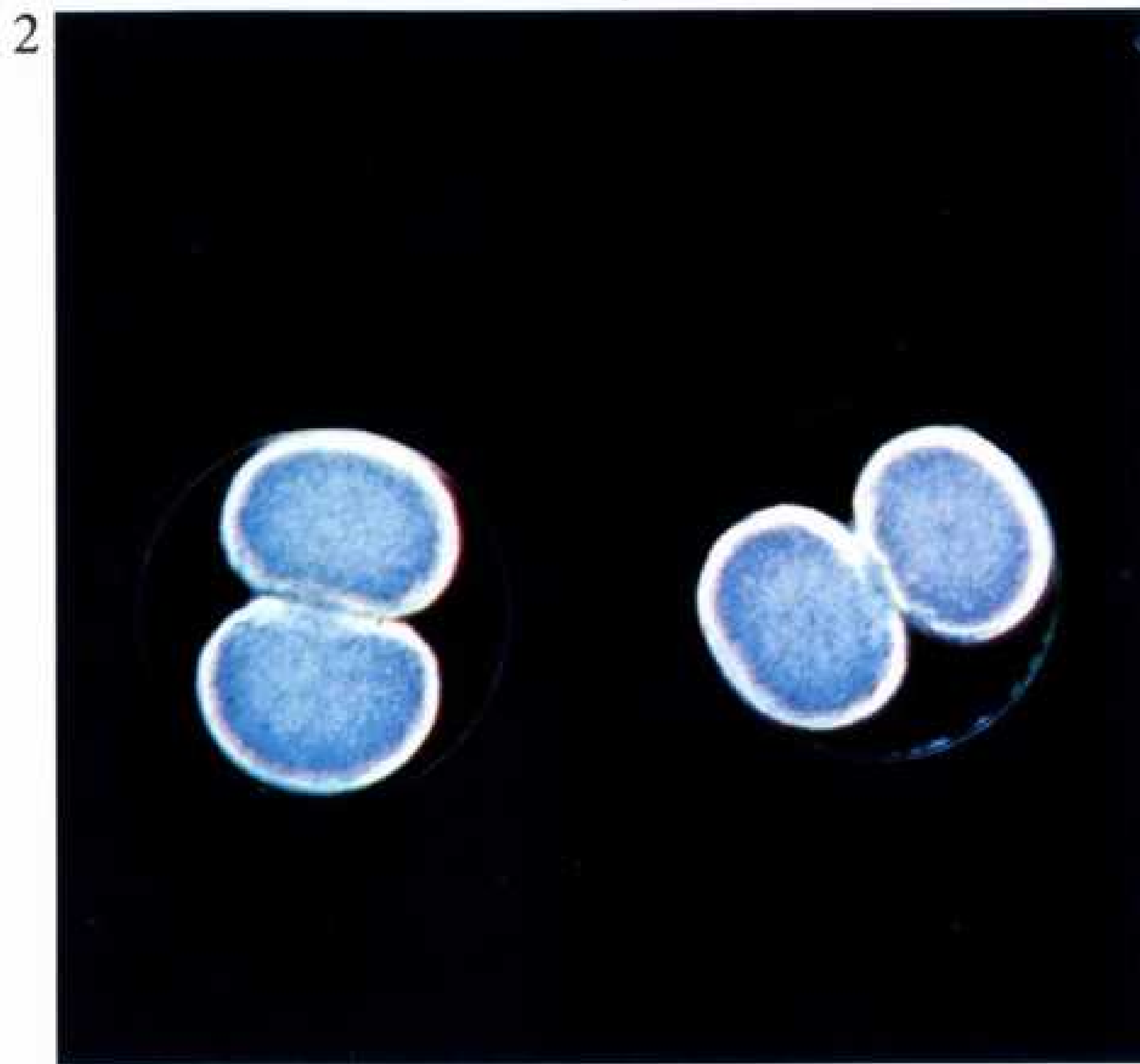
El espacio interno de la mayoría de los equinodermos está ocupado por sus órganos digestivos y reproductores. El tubo digestivo está bien desarrollado y corre de la boca al ano, bastante próximos entre sí. Aunque algunos equinodermos son hermafroditas, en la mayoría de los casos los sexos están separados. Algunas especies incuban su prole, mientras otras emiten al mar huevos y espermatozoides que, en este ambiente, se unen en la fecundación. Los equinodermos son en general animales de reducidas dimensiones (de uno a 50 centímetros). Se conocen ejemplos fósiles que se remontan al Cámbrico y también algunas plumas de mar del Paleozoico, que llegaban a los 20 centímetros de longitud. Hoy son sobre todo bentónicos y se encuentran en cualquier parte del mar y a cualquier profundidad. Pocas formas son las que pueden nadar. La mayoría es carnívora, arrastrándose por el fondo en busca de pequeños animales, pero también de plantas y de sustancias orgánicas. Los erizos de mar son en cambio exclusivamente vegetarianos. Las estrellas de mar pueden abrir con sus brazos ostras y almejas. Algunas especies se nutren de corales: pueden diezmar literalmente las barreras coralinas y, en el caso de las ostras, sus cultivos.

Entre los equinodermos más conocidos se cuentan los asteroideos, las estrellas de mar, que incluyen 1.600 especies presentes en la mayor parte de las costas marinas, sobre todo cerca de las costas rocosas o de los fondeaderos, pero también en los fondos arenosos y fangosos de las profundidades abisales. Cuanto mayor es la profundidad, tanto más estable es el ambiente y, por consiguiente, la historia geológica, y más uniforme también la población. Una mayor variedad se encuentra en las aguas poco profundas.

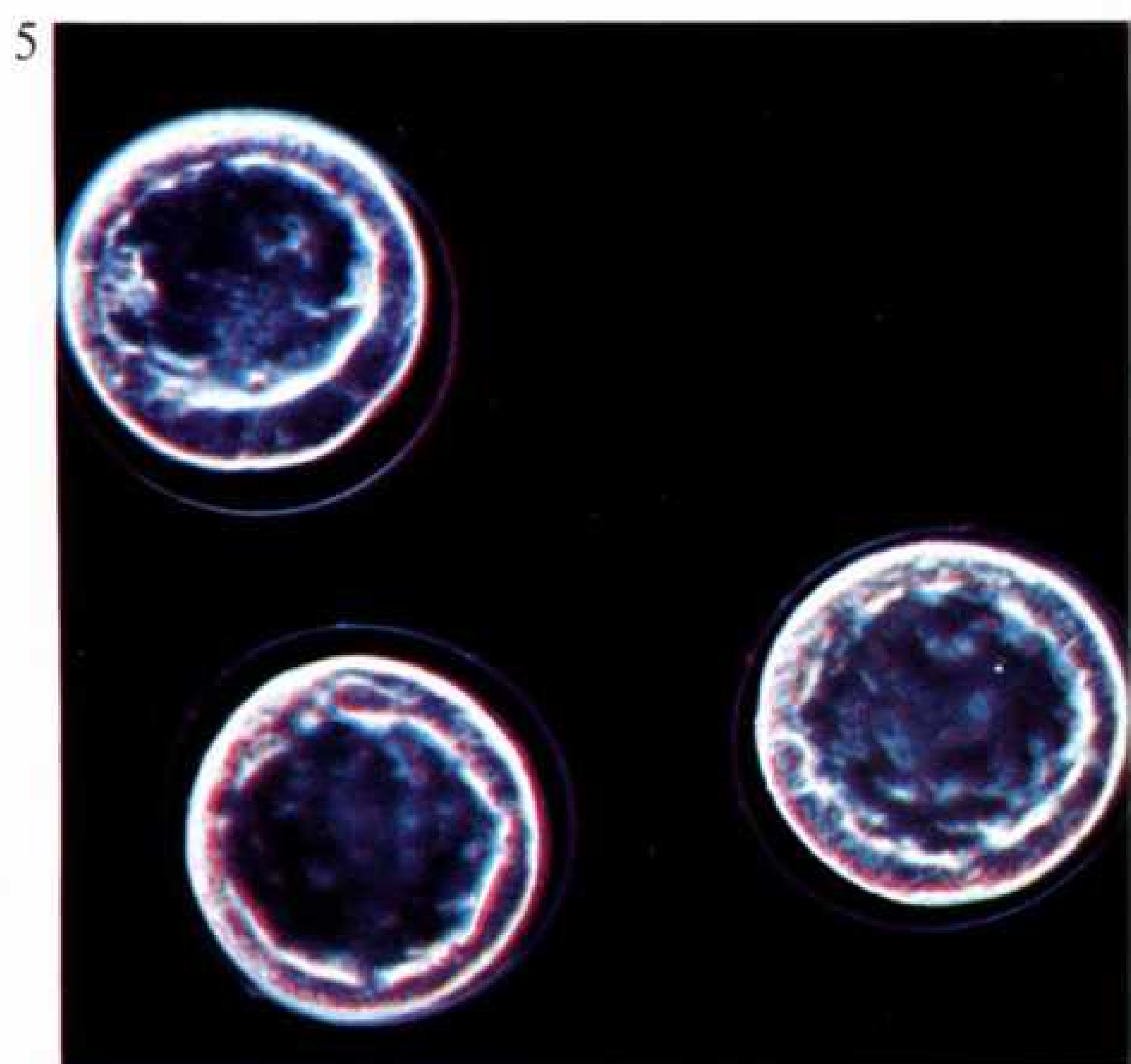
Los ofiuroideos, con sus movimientos elegantes, serpentiformes, derivan su nombre de *óphis,* que en griego significa «serpiente» y que se refiere al rápido movimiento de los brazos. Los ofiuros tienen un disco central claramente subdividido por los brazos, siempre cinco, que sirven para moverse y alimentarse. Su dieta consiste en pequeños crustáceos, moluscos y otros animales, además de residuos, particularmente abundantes en los fondos de los mares profundos. Se conocen actualmente cerca de 2.000 especies. Se encuentran también en aguas poco profundas, escondidos bajo las piedras, entre corales muertos o sumergidos en el fango.

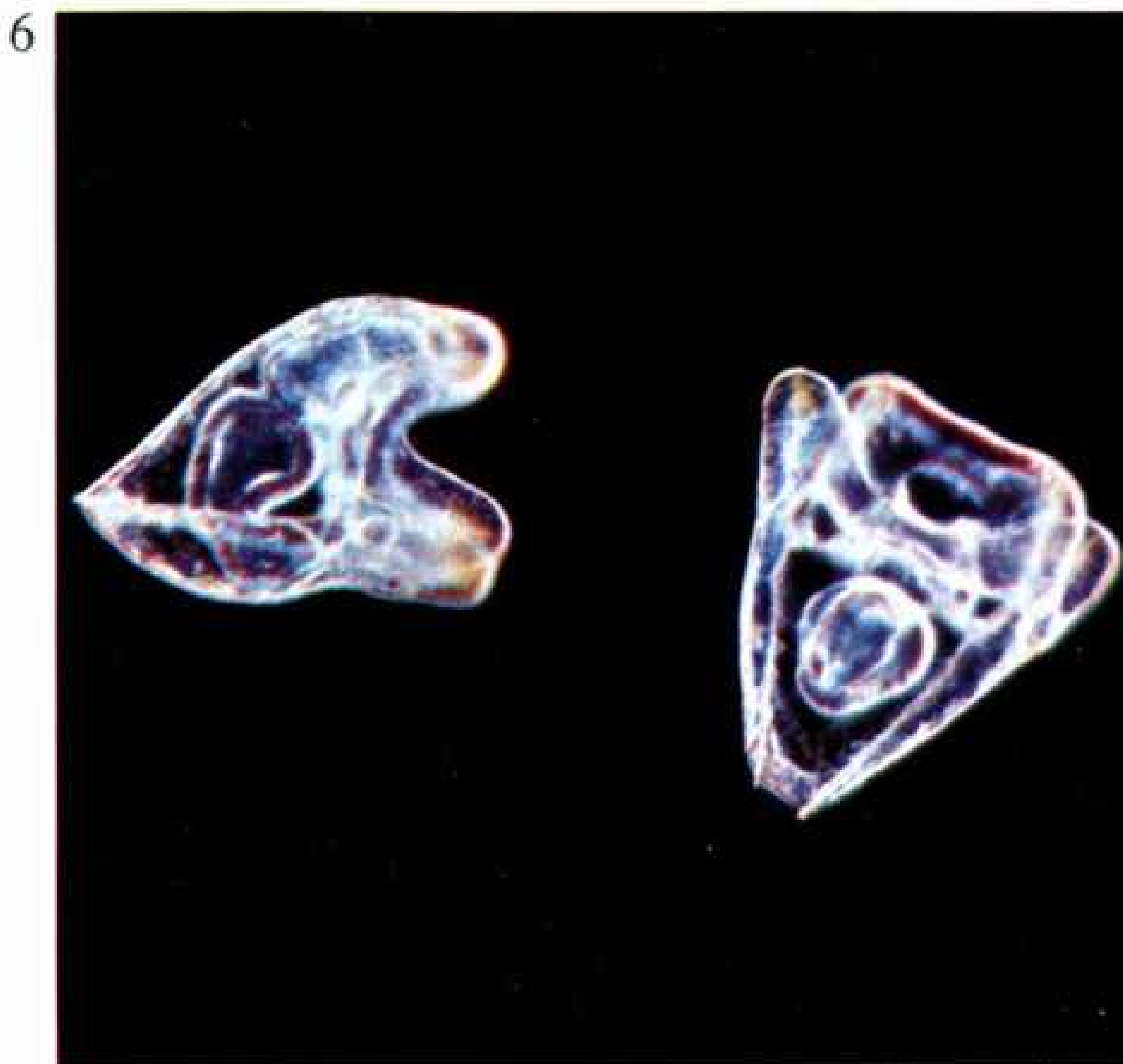
Los erizos de mar, los clipeasteroideos (ericillos de arena) y los espantágidos (erizos cordiformes) constituyen la clase de los equinoideos, los animales más espinosos que hay en el mar, pero inofensivos. Sus huevos son muy apreciados. Su cuerpo redondeado no presenta brazos móviles. Su escondrijo favorito lo constituyen las cavidades que ellos mismos excavan en las rocas costeras; los dólares de la arena se encuentran, parcialmente enterrados, en los fondos arenosos a lo

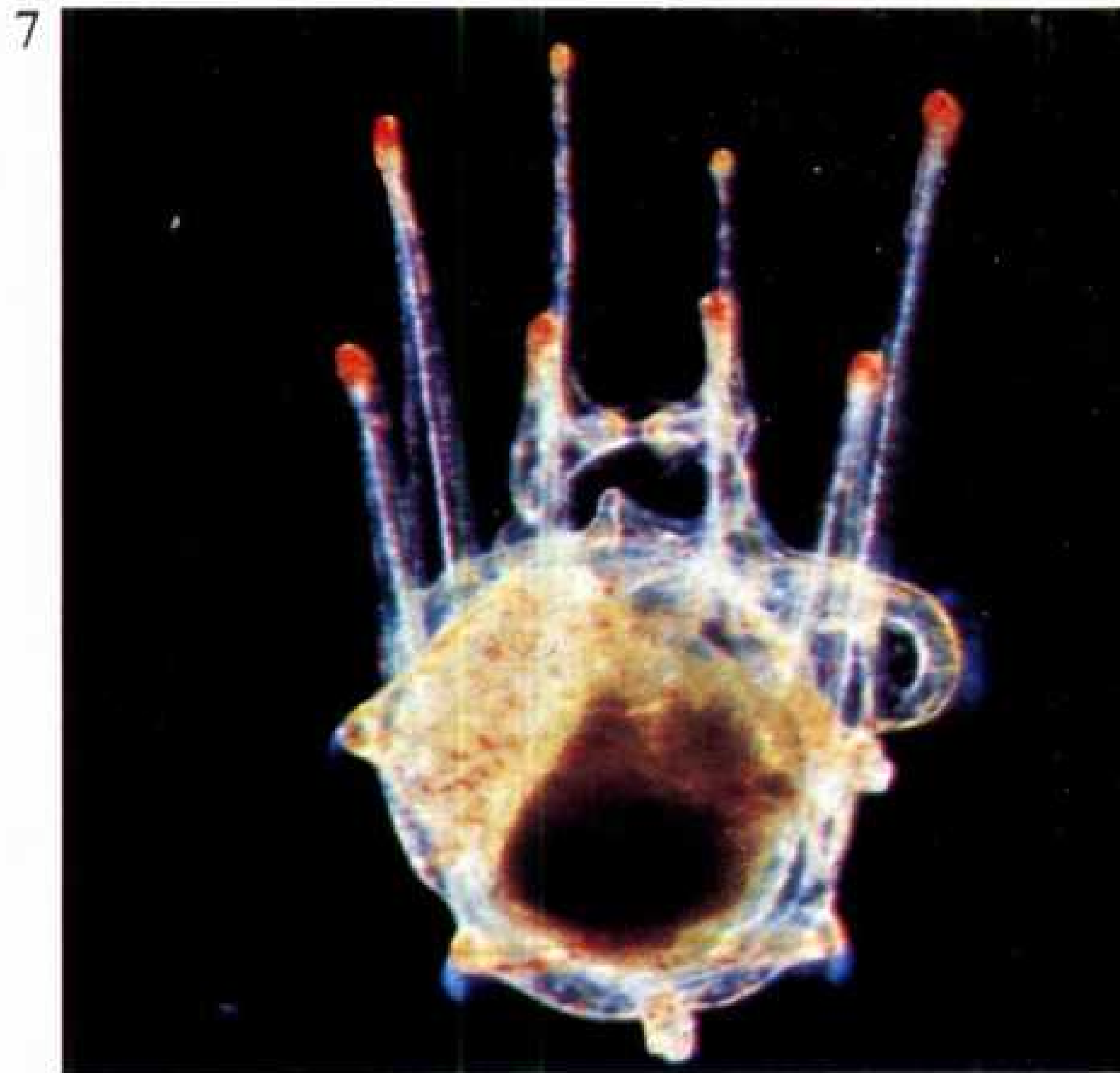
1


2


3

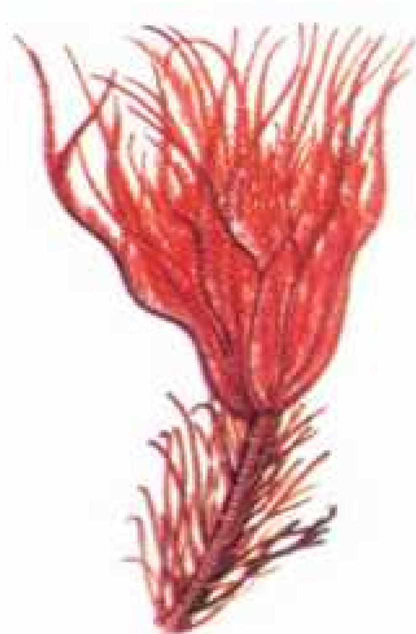

5


6


7


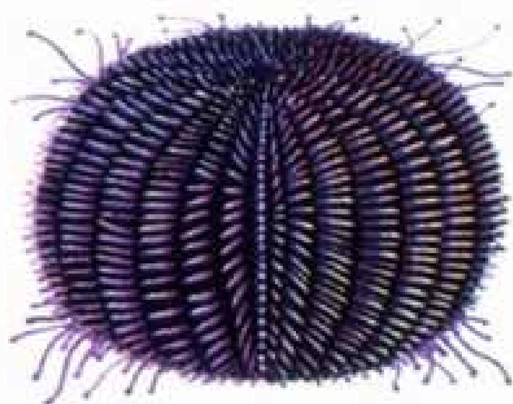
EQUINODERMOS

CRINOIDEOS



Metacrinus

EQUINOIDEOS



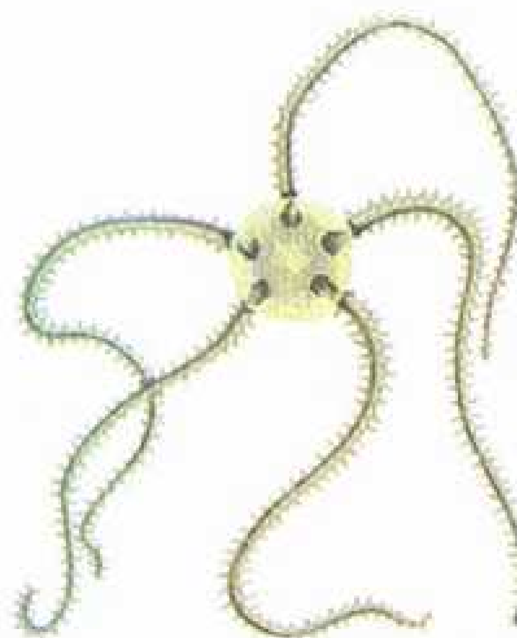
Sphaerechinus

ASTEROIDEOS



Coscinasterias

OFIUROIDEOS



Amphipholis

OLOTUROIDEOS



Cucumaria

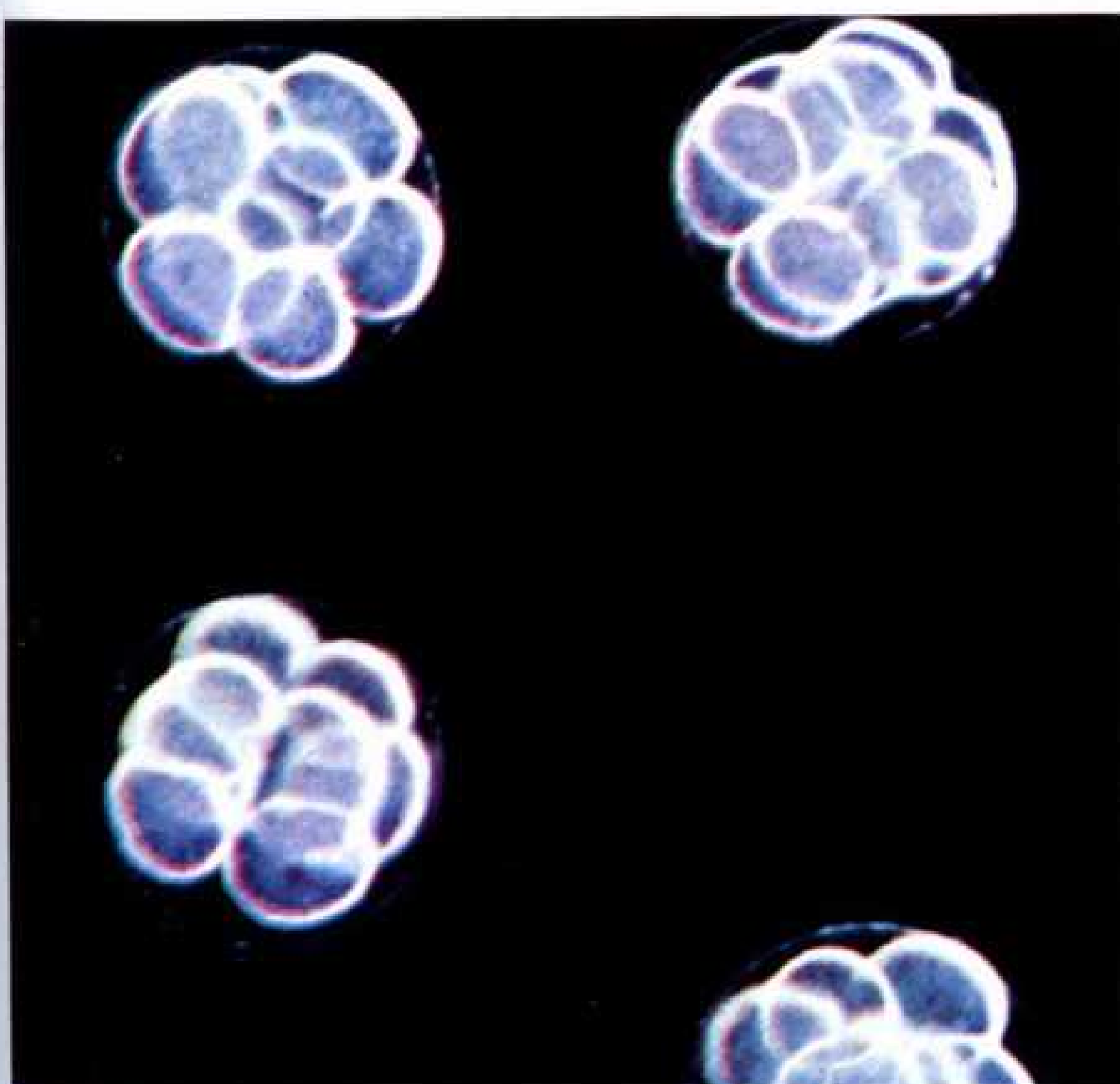
Un grupo importante. *Los equinodermos, animales exclusivamente marinos, constituyen uno de los grupos mejor caracterizados del reino animal. Son de simetría radial y tienen un dermoesqueleto formado por placas calcáreas que en las holoturias se reducen a elementos microscópicos. Están dotados de un sistema acuífero y ambulacral, formado por conductos a través de los cuales pasa el agua de mar, que permite moverse a los equinodermos.*

largo de las playas. Su dieta consta de algas marinas, pero también comen residuos y organismos muertos. Sus principales enemigos son los peces pequeños y las estrellas de mar. Actualmente se conocen cerca de 800 especies vivientes de equinoideos. Su fuerte exoesqueleto calcáreo ha hecho que los fósiles se conserven particularmente bien.

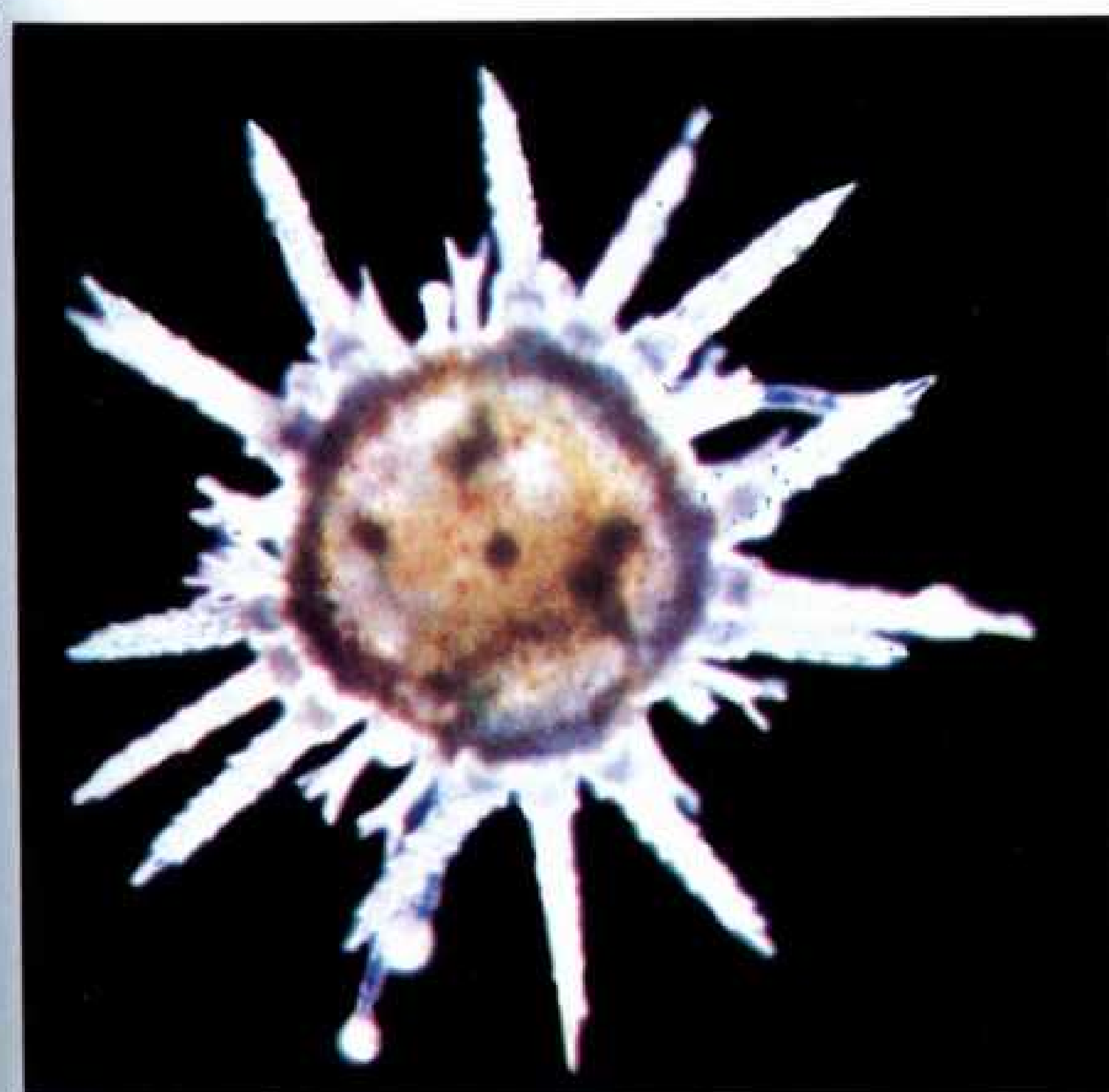
Los holoturoideos, o cohombros de mar, tienen forma de salchicha, de cuerpo blando, y están protegidos por una piel de consistencia coriácea. Hoy se conocen cerca de 900 especies que viven desde las lagunas de aguas poco profundas hasta las grandes profundidades oceánicas, alimentándose de detritos. En la fosa de las Kuriles, al norte de Japón, constituyen, en peso, más del 80 por 100 de la fauna.

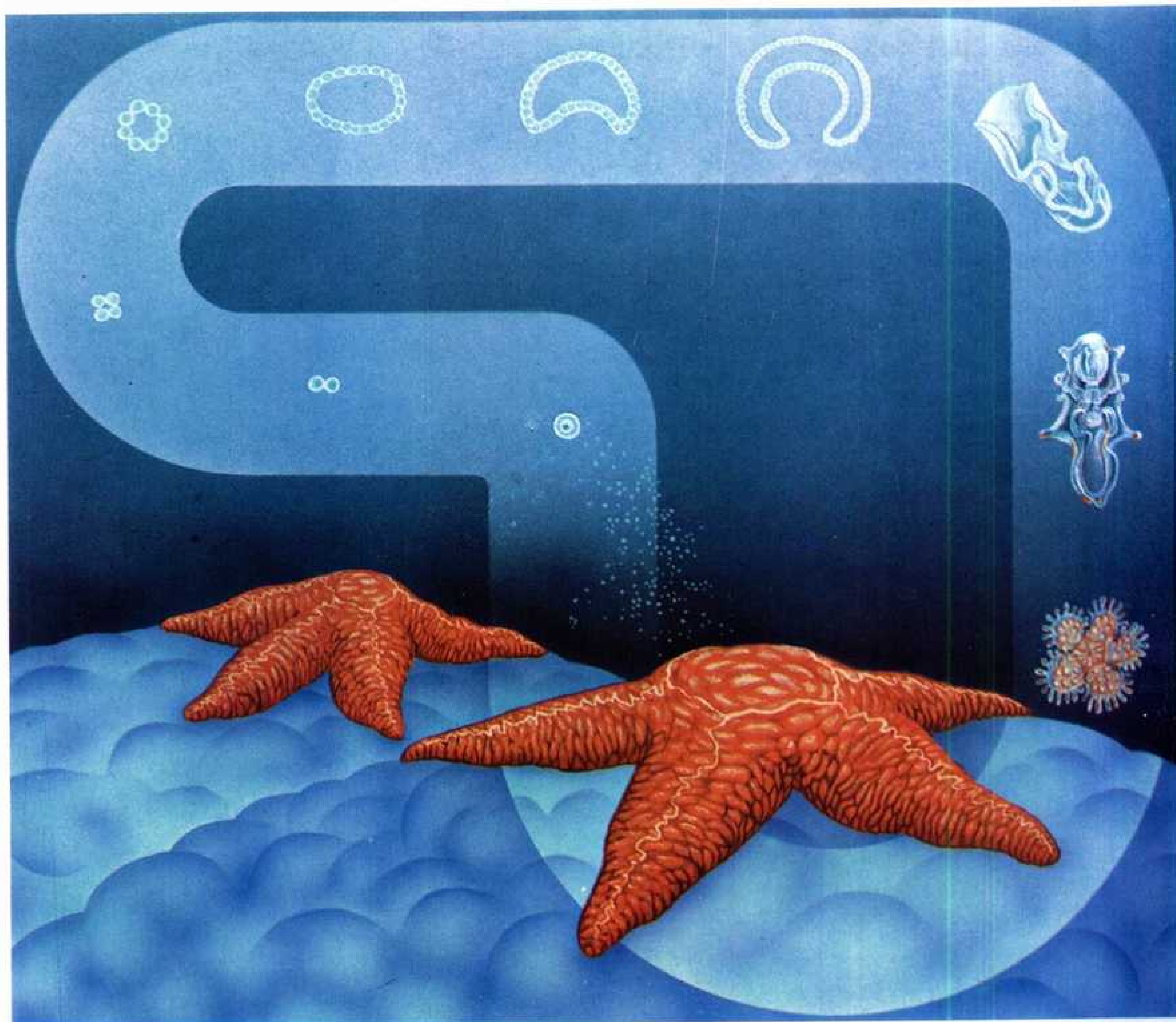
Los crinoideos, comátulas y lirios de mar son equinodermos en forma de flor, anclados al fondo mediante un largo pedúnculo. Se encuentran por debajo de la línea de bajamar hasta profundidades superiores a los 8.000 metros. Abundaban en el Paleozoico (se conocen cerca de 2.100 especies fósiles). Hoy existen casi 800 especies. Su cuerpo consiste en un pequeño cáliz hecho de placas calcáreas y provisto de cinco brazos flexibles.

4



8





La reproducción de los equinodermos. *El huevo fecundado de un equinodermo experimenta una serie de divisiones que dan lugar al desarrollo de una larva. Esta, tras una complicada metamorfosis, se transforma en individuo adulto. A la izquierda, ciclo reproductivo del huevo (1-4), estadio embrional (5), dos estadios larvarios (6-7), erizo (8).*

Los cordados

Los tunicados o urocordados, un *subphylum* de los cordados, parecen haber sido predecesores de los vertebrados. Se consideran invertebrados porque carecen de un esqueleto rígido y, en la fase adulta, se parecen más a los invertebrados que a los vertebrados. El nombre de tunicados se refiere a la túnica cuticular que autosegregan, consistente en una especie de revestimiento del cuerpo en forma de bolsa.

Comprenden las ascidias, las salpas y las apendicularias. Su cuerpo es esencialmente cilíndrico o globular. Incluyen cerca de 1.600 especies.

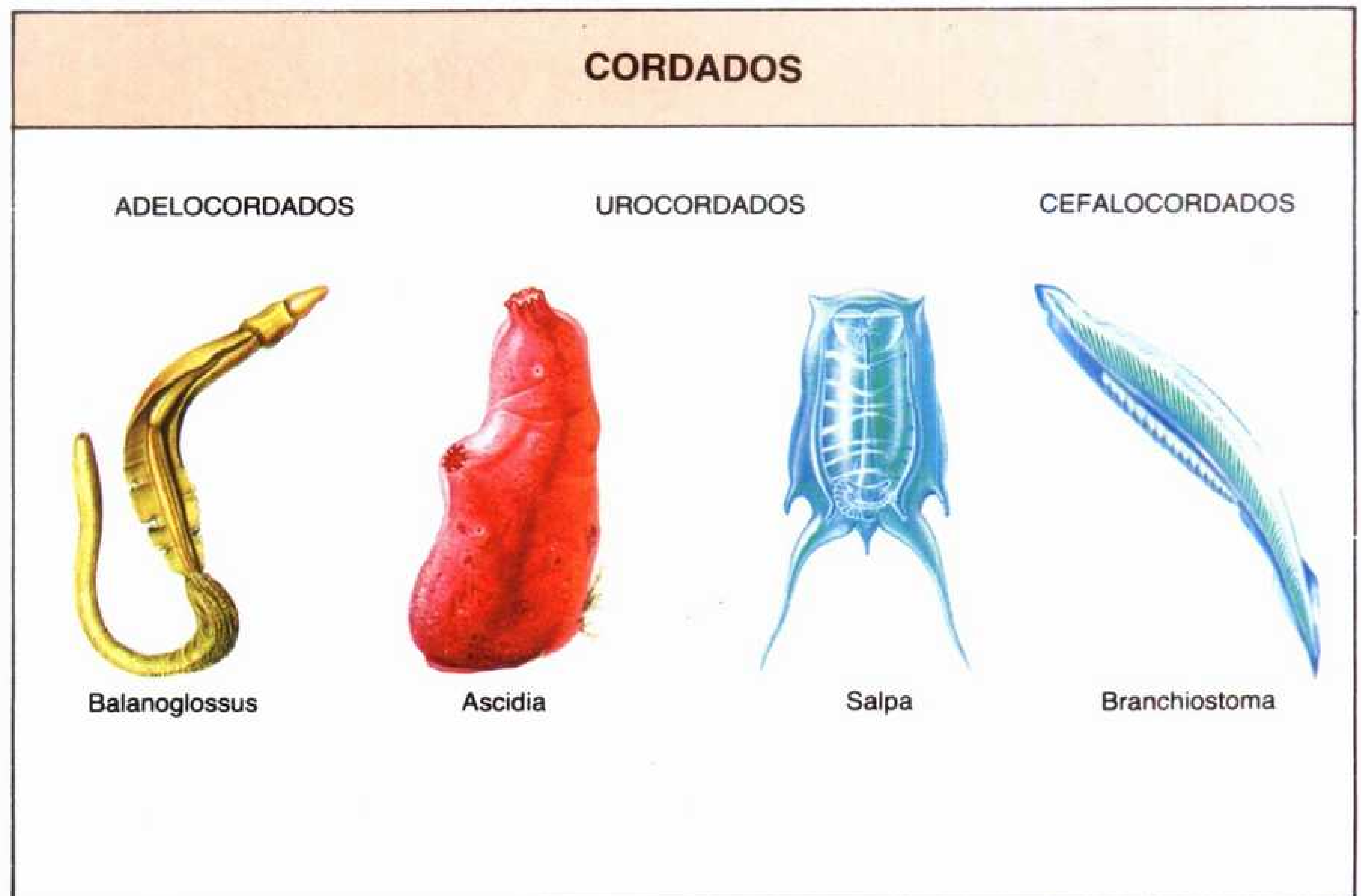
La ascidia es un animal de cuerpo blando, encerrado en una estructura en bolsa (la túnica) fija al substrato. Tiene dos aberturas, la boca y la cloaca, en la parte superior. El agua de mar, que contiene plancton, es bombeada al interior por los cilios, pasa a través de un aparato filtrante y luego es bombeada nuevamente al exterior a través de la cloaca. Si se exprime al animal, sale un chorro de agua. La mayoría de las ascidias son hermafroditas. La reproducción se efectúa por gemación o es sexual.

Los larváceos, o apendicularios, son pequeños tunicados libres, de hasta cinco milímetros de longitud, transparentes y pelágicos, que nadan contrayendo sus colas curvadas.

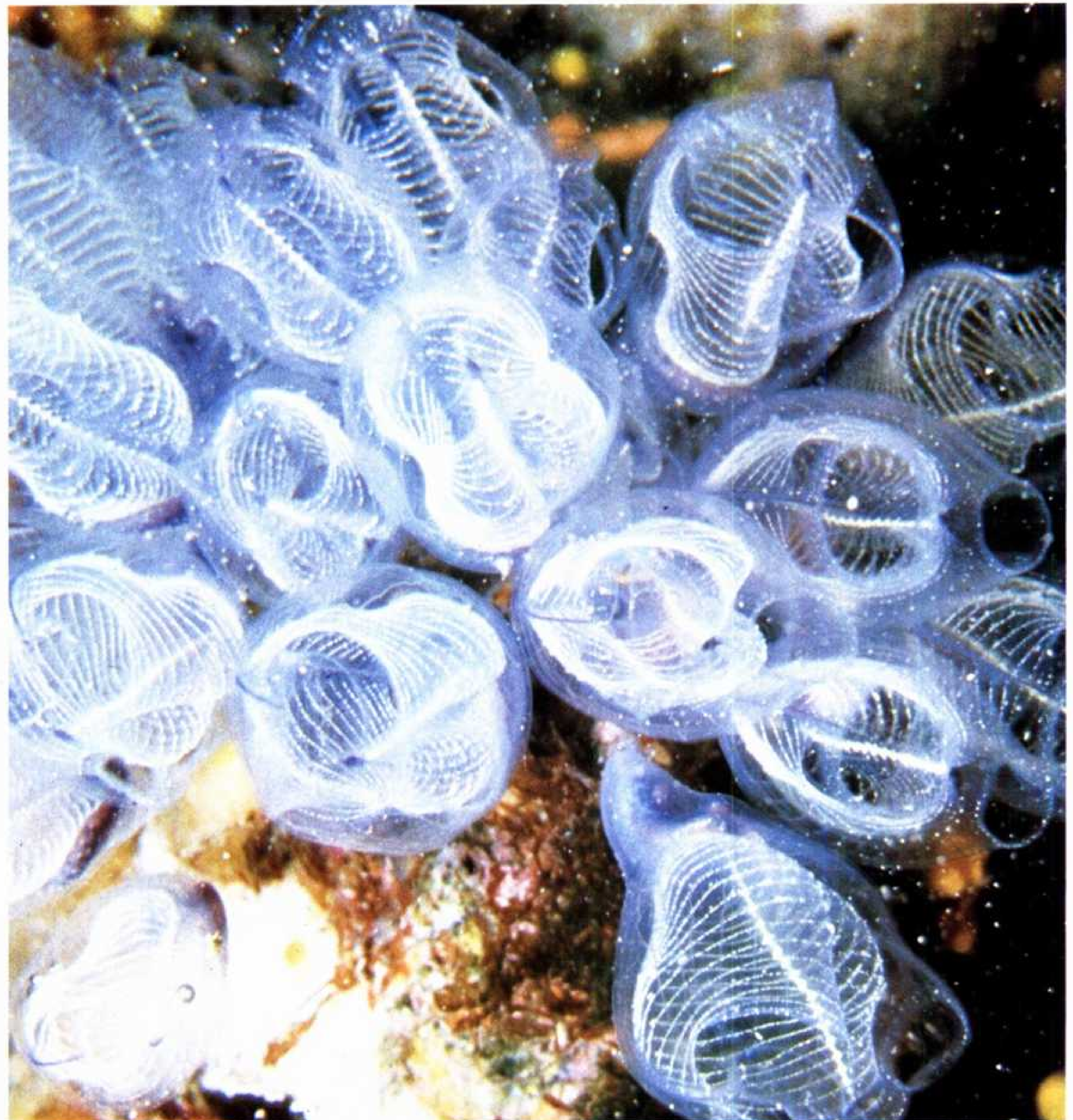
Son miembros importantes del zooplancton, y desempeñan una función fundamental en la productividad biológica del mar.

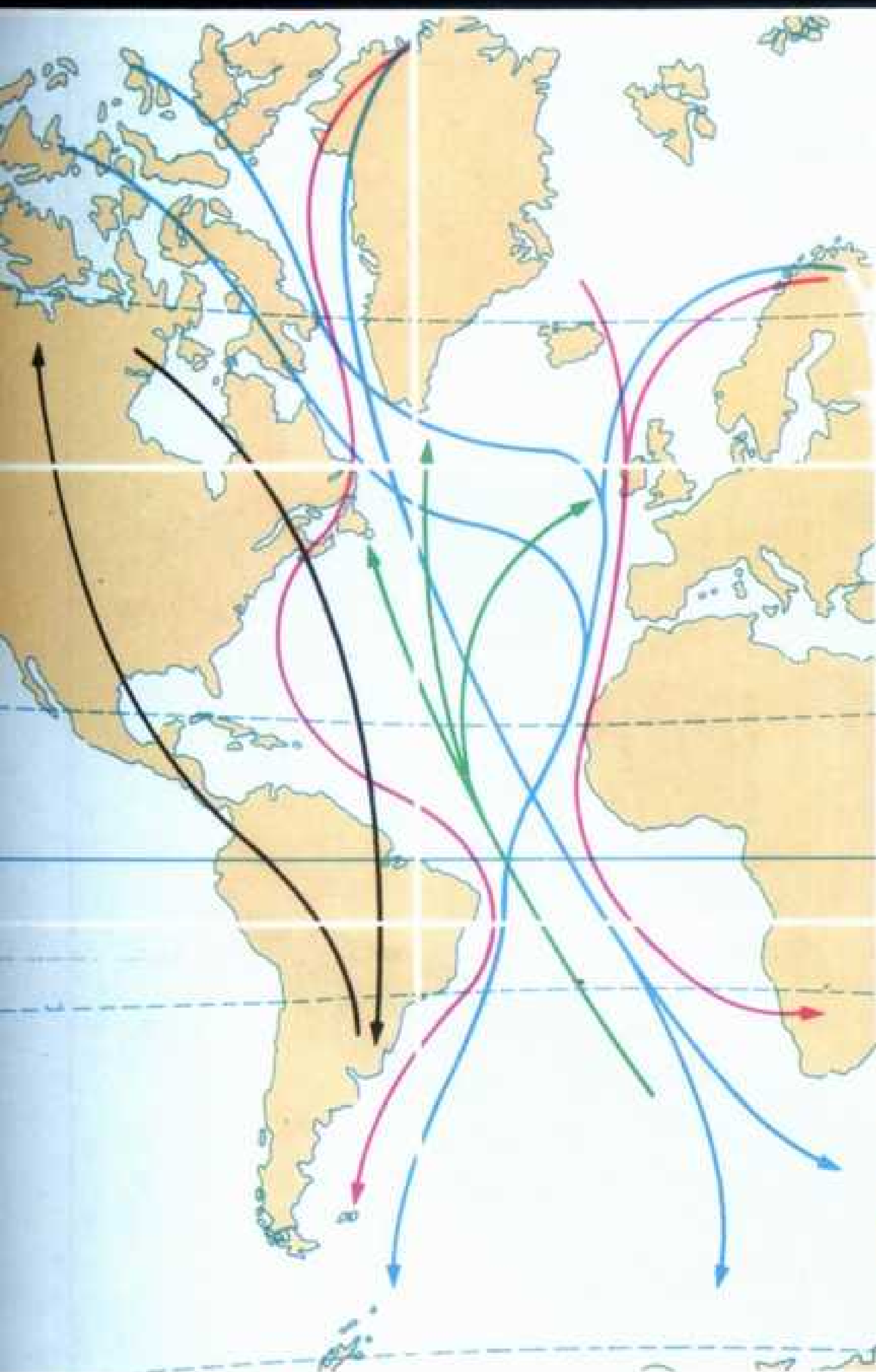
Entre todos los tunicados sésiles, las ascidias son las que más se parecen a una bolsa. La mayoría se concentra en aguas poco profundas; su distribución se extiende, no obstante, hasta los 5.000 metros de profundidad.

Las salpas pertenecen a la clase taliáceos. Son tunicados pelágicos y tienen cuerpo cilíndrico, rodeado de haces musculares. Frecuentemente solos, se unen para formar largas cadenas planctónicas. Los géneros más comunes son *Doliolum* y *Salpa*. Muy abundantes, desempeñan también una función importante en la economía marina como alimento de los peces pelágicos. Al carecer de partes duras no se sabe nada de los antepasados de los tunicados, pero pueden representar un importante vínculo de conexión los hemicordados, a los que pertenece *Balanoglossus*. A este grupo se asocian generalmente los miembros del orden extinguido *Graptolithina,* que prosperó al inicio del Paleozoico. Dada su costumbre de flotar, se difundieron rápidamente por todos los océanos, y, con una constante evolución, representan hoy día importantes fósiles guía; especies idénticas aparecieron al mismo tiempo en Australia y en Europa.

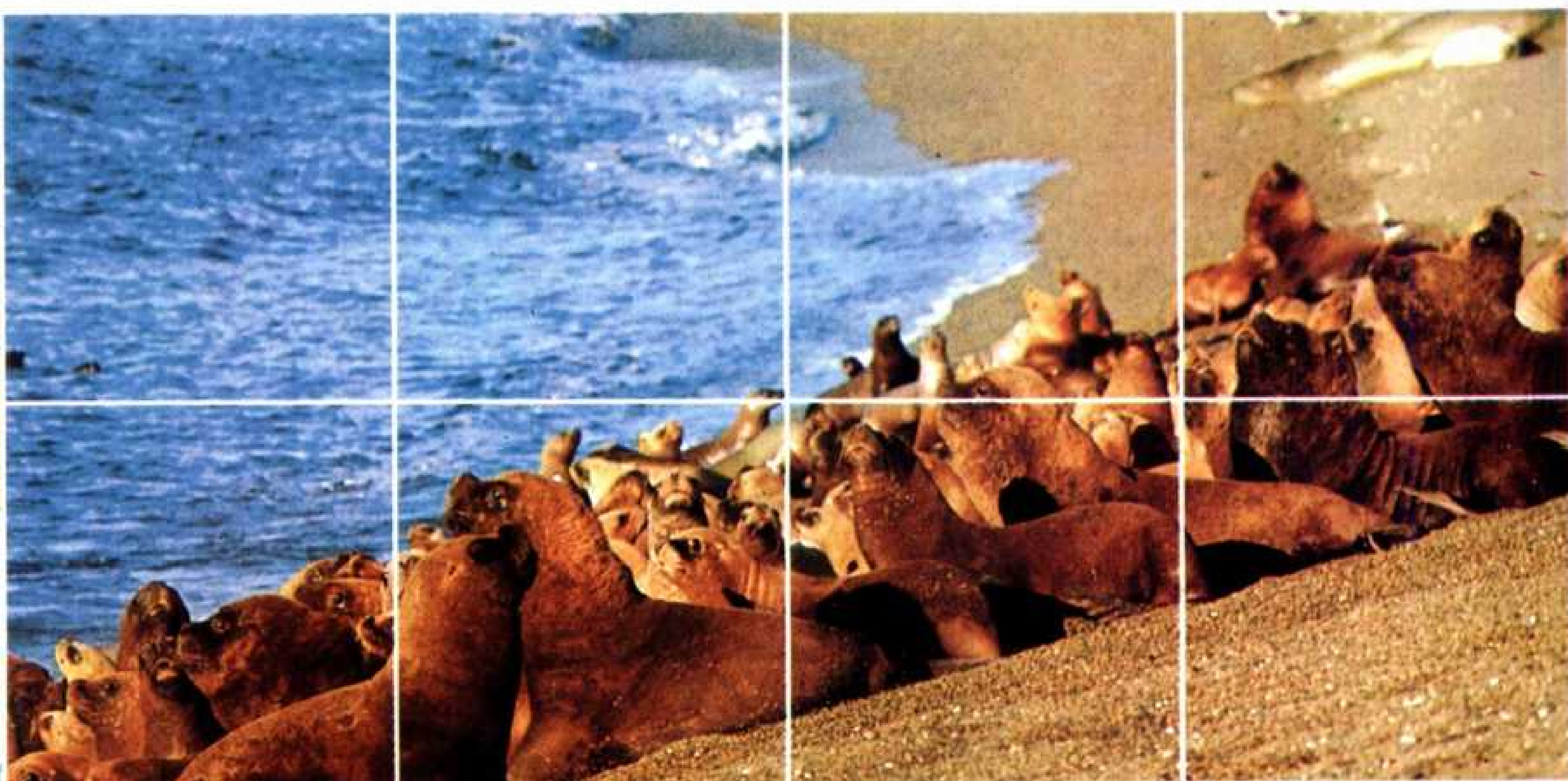
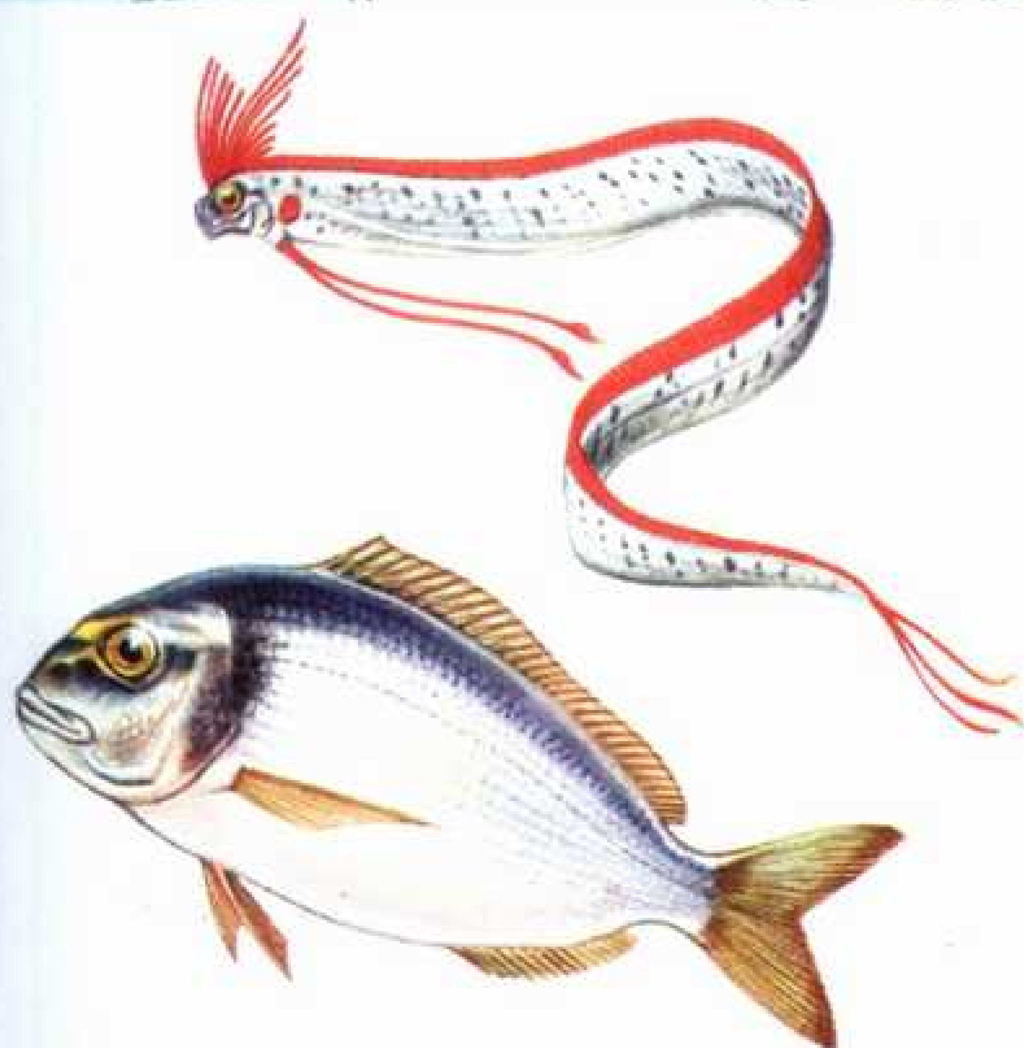


Un puente entre invertebrados y vertebrados. *Ascidias, salpas,* Balanoglossus *y otros cordados se sitúan en los niveles más elevados de la escala evolutiva de los invertebrados. Los adelocordados tienen el cuerpo dividido en tres partes: tronco, collar y probóscide (con la que penetran en los fondos blandos). Los urocordados se llaman también tunicados porque segregan un revestimiento en forma de bolsa. En los cefalocordados, el cordón dorsal recorre el cuerpo, estructura que especifica el tipo de cordados. En la fotografía de abajo:* Clavelina, *un urocordado, con su túnica transparente.*

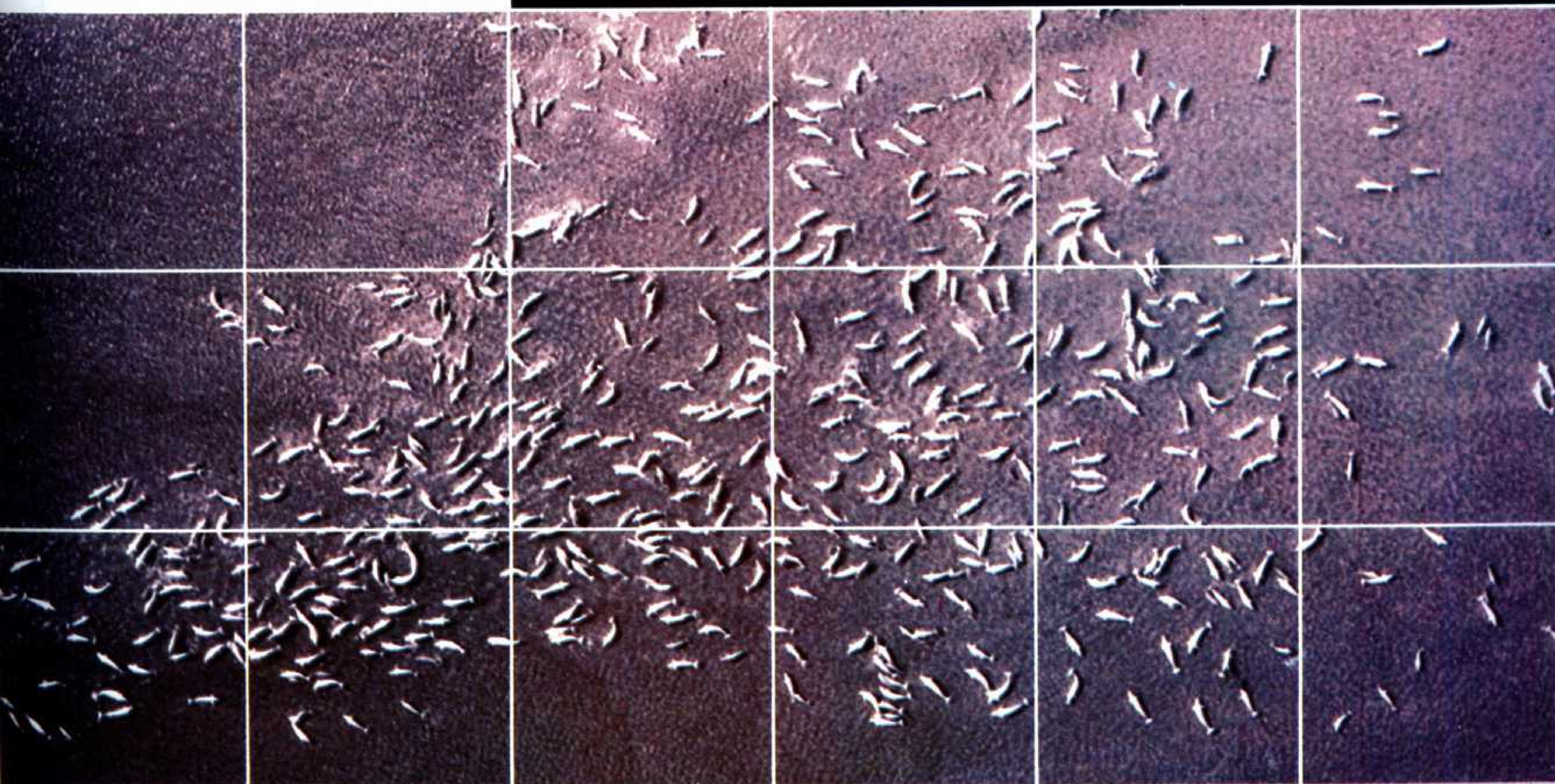






Los vertebrados marinos



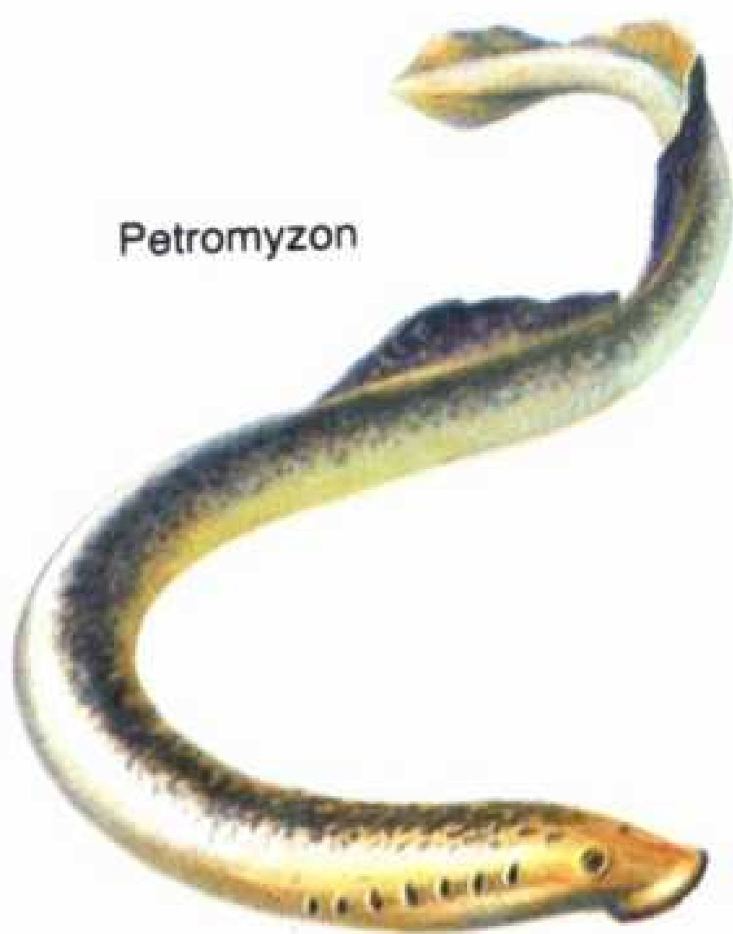
Los peces

Los peces son los más antiguos vertebrados vivos sobre la Tierra. Aparecieron hace cerca de 450 millones de años, hacia finales del Ordovícico, y se difundieron a continuación por casi todos los ambientes acuáticos. Algunas especies resisten temperaturas de más de 38 °C, otras viven sometidas a presiones terribles, a profundidades de hasta 10.000 metros; otras, finalmente, se han adaptado en las aguas heladas a temperaturas inferiores a los 0 °C.

De las 21.000 especies existentes, cerca del 60 por 100 son completamente marinas. El mayor número de especies de agua salada vive en las aguas cálidas costeras en una gran variedad de ambientes, con muchos de los peces exóticos más variopintos que pueblan los arrecifes coralinos. Las especies que viven en aguas frías, como la merluza y el arenque, proporcionan al hombre muchas de las proteínas que necesita.

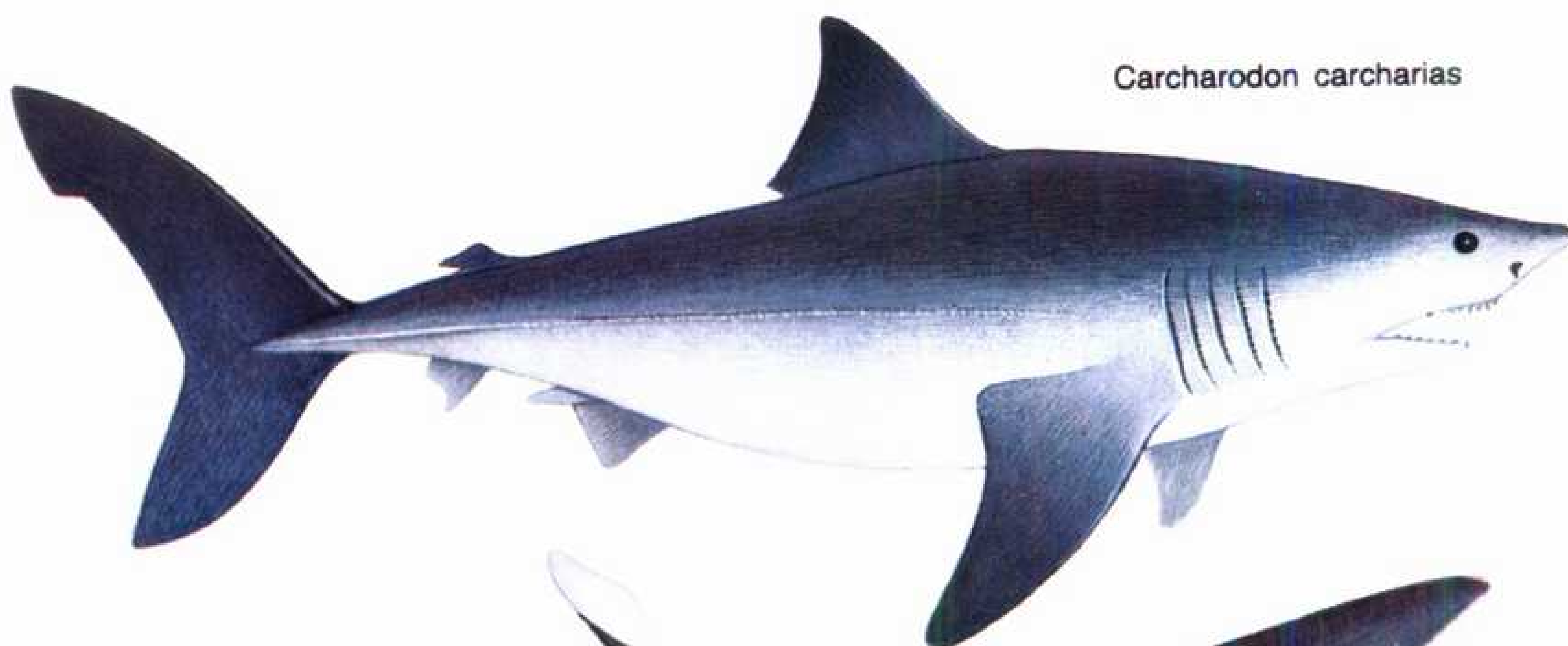
Los peces se subdividen generalmente en tres grandes grupos según su grado de desarrollo. Las formas más primitivas son las lampreas (clase de los agnatos, que incluye solamente a los ciclóstomos), desprovistas de mandíbulas pero con bo-

CICLOSTOMOS



Petromyzon

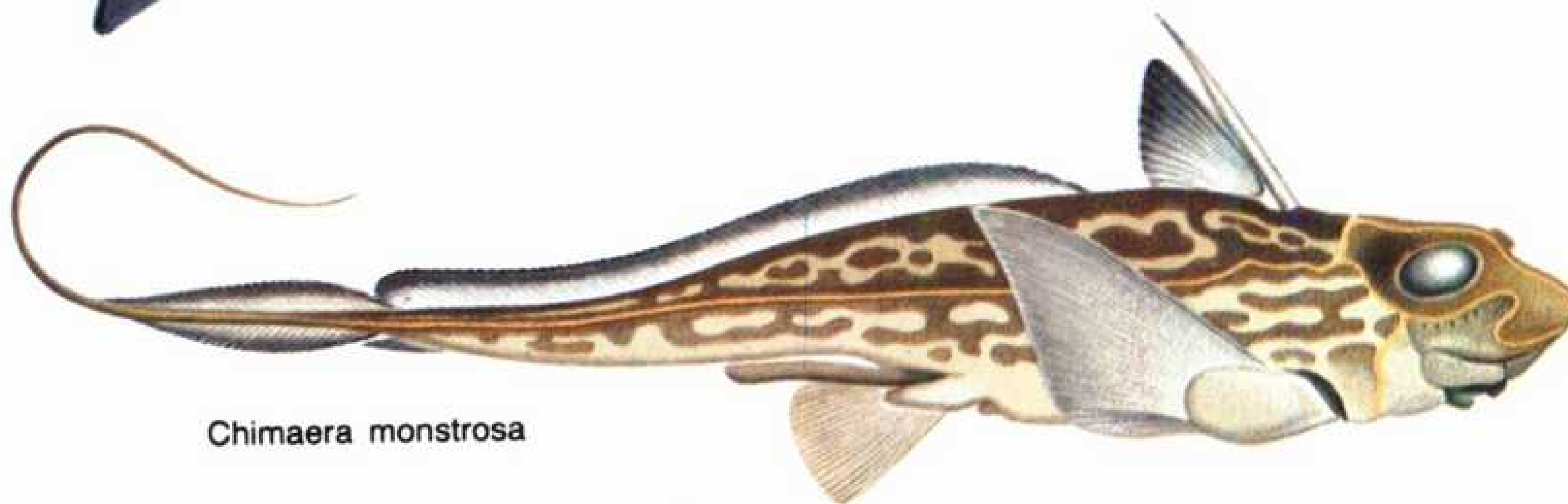
PECES CARTILAGINOSOS



Carcharodon carcharias



Manta birostris

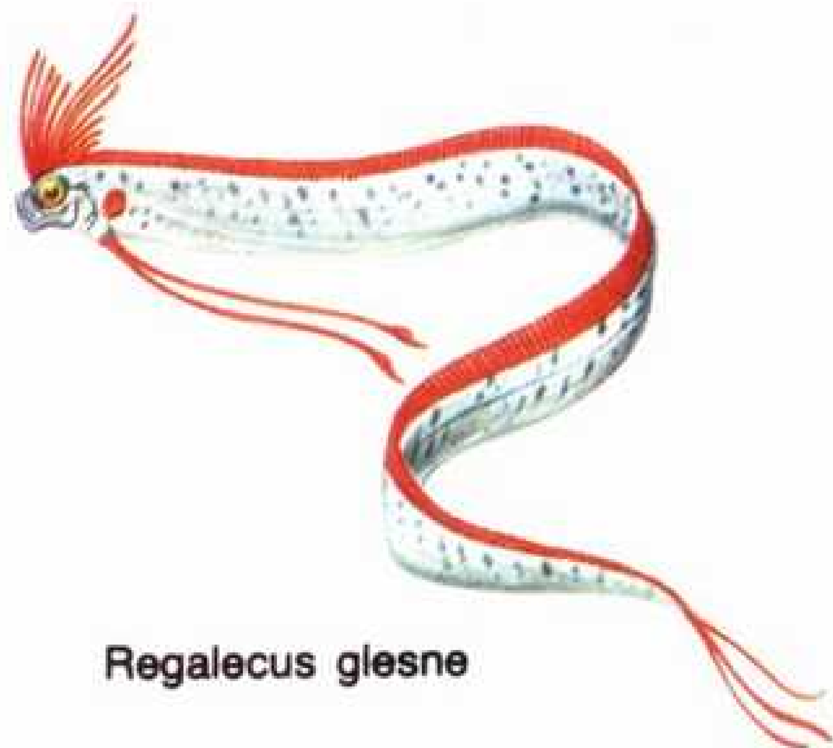


Chimaera monstrosa

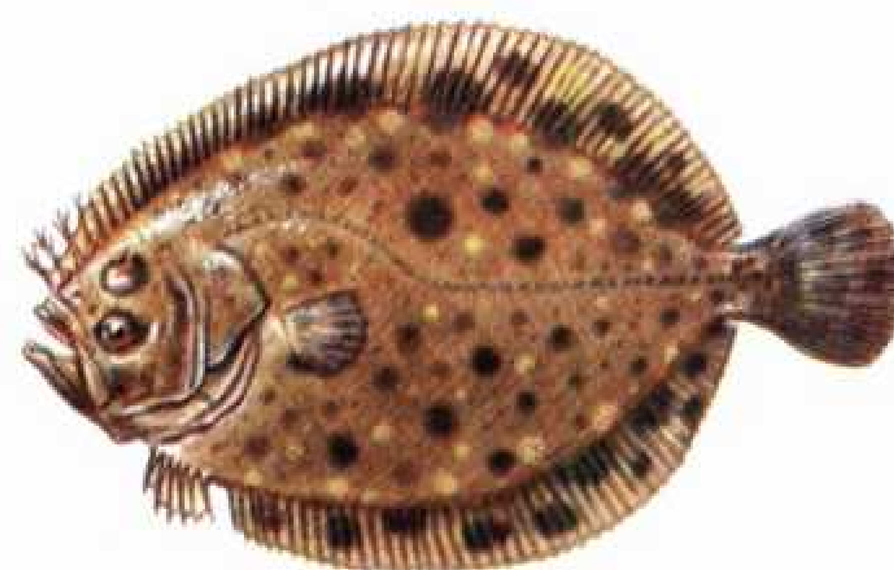
PECES OSEOS



Sparus auratus



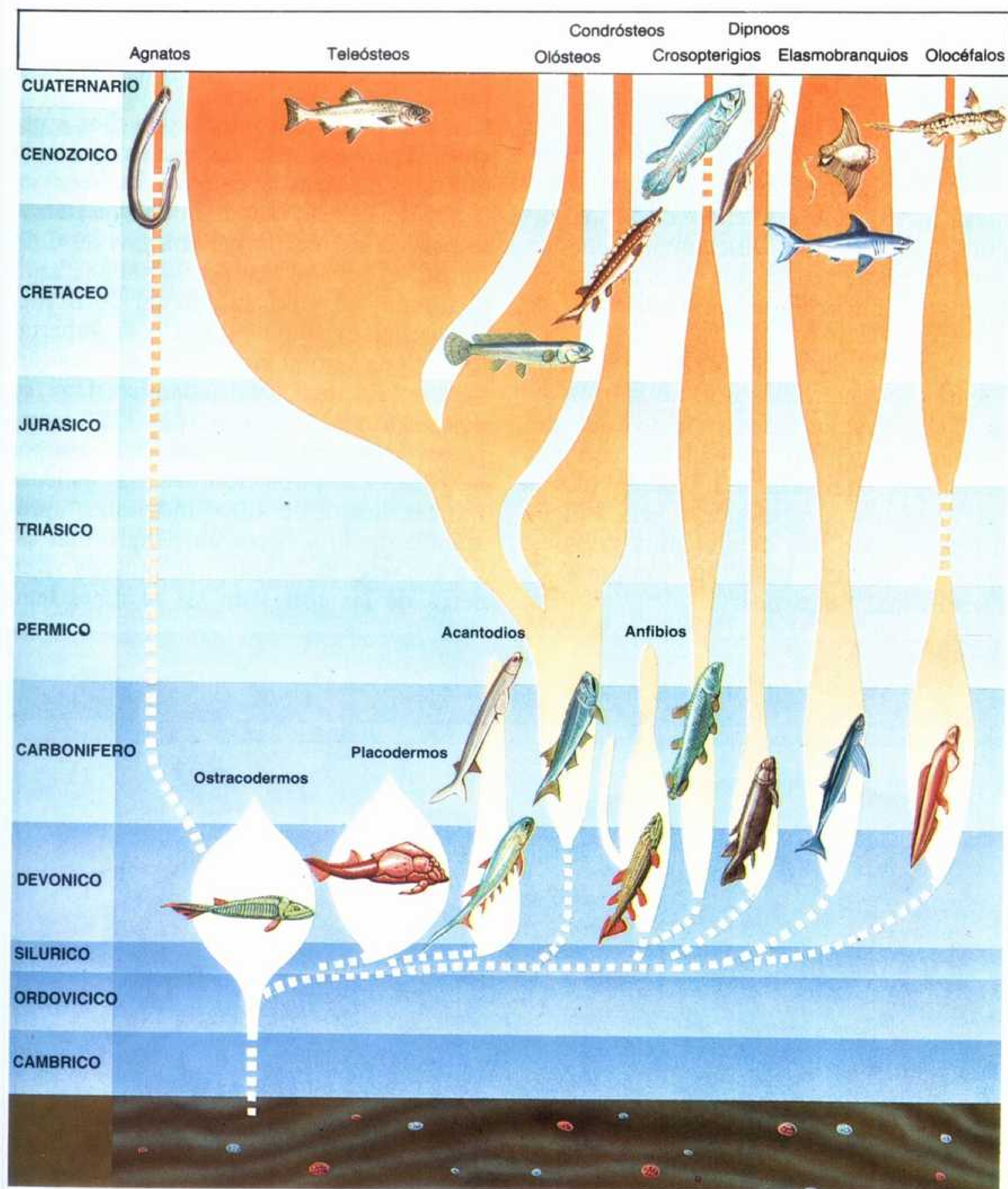
Regalecus glesne



Scophthalmus rhombus



Hippocampus guttulatus





Los habitantes de las aguas. Bajo la denominación de peces se reúnen los ciclóstomos, los peces cartilaginosos o los peces óseos (en la página anterior). Los primeros tienen un cuerpo anguiliforme y carecen de mandíbulas. Los segundos, caracterizados precisamente por un esqueleto cartilaginoso, incluyen los tiburones, las rayas y las quimeras. Estas últimas (orden olocéfalos) se sitúan a veces en una categoría aparte, intermedia entre los peces cartilaginosos y los óseos. Los peces óseos predominan en las aguas de nuestro planeta tanto por el número de especies como por su entidad. En el esquema se representan algunas de las innumerables formas que se pueden encontrar. El inicio de la historia evolutiva de los peces (arriba) se remonta al Ordovícico: las primeras especies que aparecieron carecían de mandíbula; los peces con ella aparecieron en el Silúrico y evolucionaron. *Aquí, arriba, un celacanto, pez que se creía desaparecido hace 60 millones de años y que se encontró vivo en 1938.*

ca chupadora; muchas de ellas son parásitas y se prenden a otros peces para extraer de ellos el alimento.

Los peces cartilaginosos (de la clase condroíctios) constituyen el segundo grupo e incluyen a los tiburones, las rayas y las quimeras. Dotados de mandíbulas con dientes óseos, carecen de esqueleto óseo. Sin embargo, el andamiaje de los cartílagos del endoesqueleto desempeña igualmente su función.

Los peces óseos propiamente dichos (de la clase osteíctios) forman la mayor parte de la fauna íctica. Todas las formas poseen cráneo óseo, y la mayoría cuenta con esqueletos óseos. Con la aparición en el mundo de estos vertebrados óseos en el Silúrico tardío (hace cerca de 400 millones de años), los animales fueron evolucionando, para mejor o para peor, y su estadio final de desarrollo desembocaría en los primates, entre los que se incluye al hombre. Los peces habían desarrollado ya los principios fundamentales de todos los sistemas de órganos típicos de los seres humanos: un esqueleto interno, una musculatura y, en especial, un cerebro y los diversos sentidos.

Aun cuando el número de especies de estas formas primitivas de vertebrados ha disminuido un tanto respecto de la fase de máximo desarrollo, siguen siendo, no obstante, el grupo mayor por lo que respecta al número de especies; constituyen el 42 por 100 del número total de los vertebrados conocidos por los científicos.

El estudio de la evolución lo llevan a cabo los paleontólogos, cuyo trabajo se basa en el estudio de las partes duras de los fósiles y en las improntas de los cuerpos, de las que tratan de obtener la representación del cuerpo entero, aunque sea incompleto. Así, cuando en 1938 se encontró vivo frente a la costa sudafricana un ejemplar de pez llamado celacanto, que se creía extinguido hace 60 millones de años, suscitó gran agitación en el ambiente científico, como acontecimiento de máximo interés. Ello proporcionaba también a los biólogos la posibilidad de comprobar la exactitud de las reconstrucciones hechas por los paleontólogos basándose en el material fósil. Una serie de acontecimientos desfavorables hizo que de este primer ejemplar sólo quedara la estructura de la piel cuando fue inicialmente observado por J. L. B. Smith, un ictiólogo sudafricano, quien se dedicó luego durante catorce años a buscar otro ejemplar; hasta hoy, los investigadores han examinado más de 80 ejemplares intactos. Estas especies revestían particular interés porque se relacionaban estrechamente con un grupo extinguido que apareció sobre la Tierra y que más adelante llevaría al desarrollo de anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Los cetáceos

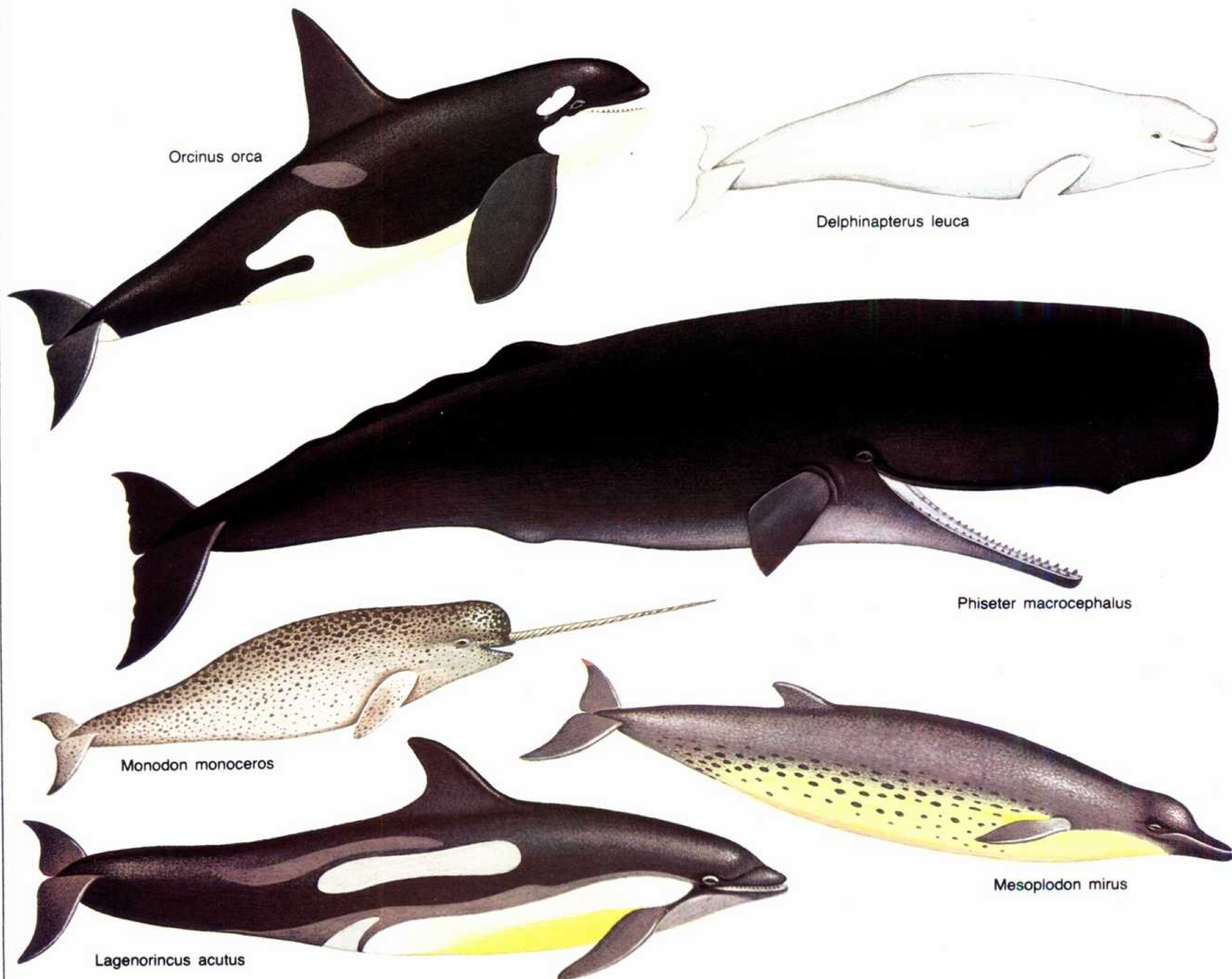
EL orden de los cetáceos comprende animales acuáticos llamados ballenas, delfines y marsopas, subdivididos en conjunto en tres grupos: los antiguos cetáceos extinguidos, dotados de dientes (arqueocetos), los modernos cetáceos con dientes (odontocetos) y los carentes de dientes (mistacocetos). Los casi 60 géneros de odontocetos comprenden los delfines de río, las ballenas de pico, los cachalotes, los delfinaptéridos, los delfines y las marsopas. Se conocen cetáceos fósiles que se remontan al Eoceno.

Las ballenas de pico (zífidos) son rigurosamente pelágicas y viven sólo en los mares profundos. Las dos especies más conocidas son el hiperodonte, objeto de caza en el Atlántico, y el *Berardius bairdi,* encontrado en el Pacífico. Una, por lo menos, alcanza los 13 metros de longitud y pesa 30 toneladas. La mayoría de los zífidos machos y adultos presentan sólo dos dientes en la mandíbula: la carencia de dientes debe estar relacionada con el tipo de alimentación, a base exclusivamente de sepias. En la ballena de Layard, del hemisferio Sur, estos dos dientes crecen extrañamente hacia arriba, sobresaliendo de la mandíbula, con lo que difícilmente pueden abrir la boca, por lo que tienen que alimentarse únicamente de tentáculos de calamares.

Las ballenas de pico poseen en general dientes rudimentarios que no sobresalen de las encías; se piensa por eso que debieron evolucionar de ballenas con una dentadura completa. La ballena picuda de Tasmania corresponde a esta antigua categoría, con dos dientes muy grandes, además de una dotación completa de dientes más pequeños. Las ballenas de pico han adquirido fama de poder sumergirse más tiempo que cualquier otro tipo de ballena, por períodos de hasta dos horas.

Los mistacocetos comprenden diez especies, la mayoría de las cuales han sido objeto de caza hasta casi extinguirse. Y son: la ballena boreal, la ballena franca, la ballena enana, la ballena gris de California, el rorcual común, la ballena azul, el rorcual norteño, el rorcual de Bryde, el rorcual de aleta blanca y la yubarta. La ballena boreal vive en las regiones árticas del Pacífico y del Atlántico. Hoy, su población gira en torno a los 2.000 ejemplares y está en peligro de extinción por la caza. La población de las ballenas francas consta de 4.000 individuos aproximadamente y corre un peligro más serio todavía, en cuanto que muchas viven cerca de las costas en las regiones tem-

CETACEOS ODONTOCETOS



Los grandes mamíferos marinos. *Los cetáceos son mamíferos tan adaptados a la vida acuática, que han asumido el aspecto de los más acuáticos de los vertebrados, que son los peces; este parecido, sin embargo, se refiere solamente a la forma externa del cuerpo. En los cetáceos, la nariz se ha desplazado a la parte superior de la cabeza, y forman uno o dos orificios que sirven fundamentalmente para la respiración. De ellos salen chorros de vapor de agua, que en los climas fríos se condensan y parece que el animal lanzara un chorro de agua. Los cetáceos existentes en la actualidad se dividen en mistacocetos y odontocetos. Los primeros (abajo) carecen de dientes, pero cuentan con barbas y un doble orificio. Los segundos (en la página anterior) tienen dientes y un único respiradero. En los mistacocetos falta toda forma de masticación: filtra los animales planctónicos de que se alimentan a través de las barbas, láminas córneas que cuelgan del paladar y retienen las presas.*

pladas del globo, lo que las hace aún más vulnerables a las actividades industriales humanas. La población del Atlántico noroccidental consta con toda probabilidad de un centenar solamente de individuos, mientras en los últimos veinte años la especie ha sido vista sólo cuatro veces en el Atlántico nororiental. La ballena azul, la especie más grande que existe, con sus 30 metros de longitud y un peso de 110 toneladas, no se encuentra en situación tan precaria, afortunadamente: existen, en efecto, cerca de 10.000 ejemplares en todos los mares. Hace varias centurias, la ballena gris de California vivía en el Atlántico septentrional, pero hoy ha desaparecido de ese océano. En el Pacífico occidental, su población asciende a cerca de 15.000 individuos; frente a California emigra hacia el sur, hacia las lagunas de México, donde se reproduce.

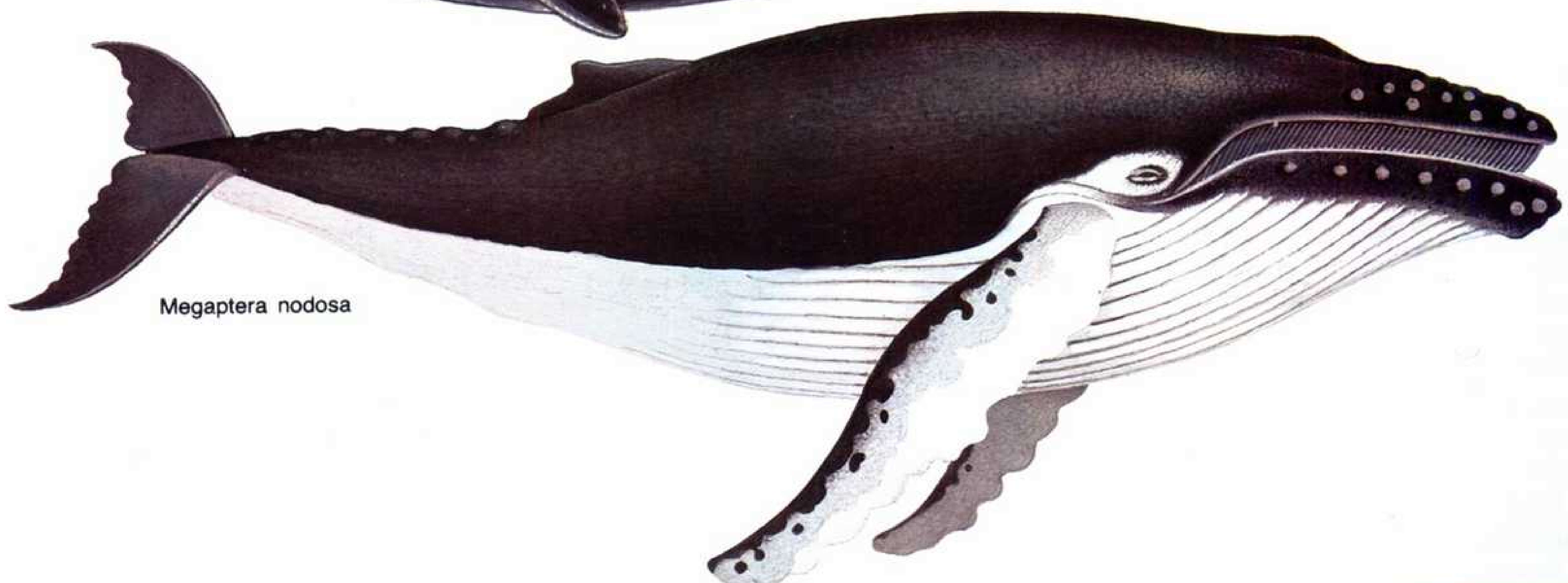
La segunda ballena en orden de magnitud decreciente es el rorcual común, que hoy está legalmente protegida; existen varios miles de individuos en todo el mundo, así como de su afín, el rorcual boreal. El rorcual de rostro, la menor de todas las ballenas, es cazada todavía hoy. Poco se sabe, en cambio, de la ballena franca pigmea. Existen cerca de 6.000 ejemplares de yubarta, con la más numerosa población (2.000 ejemplares) en el Atlántico noroccidental.

Los desplazamientos de las ballenas pequeñas y grandes abarcan desde muchos cientos de millas hasta migraciones a espectaculares distancias. Algunos delfines se desplazan hacia el norte y hacia el sur a lo largo de las costas, mientras otros, en invierno, se alejan de tierra firme. La ballena gris de California recorre hasta 16.000 kilómetros en el Pacífico, para di-

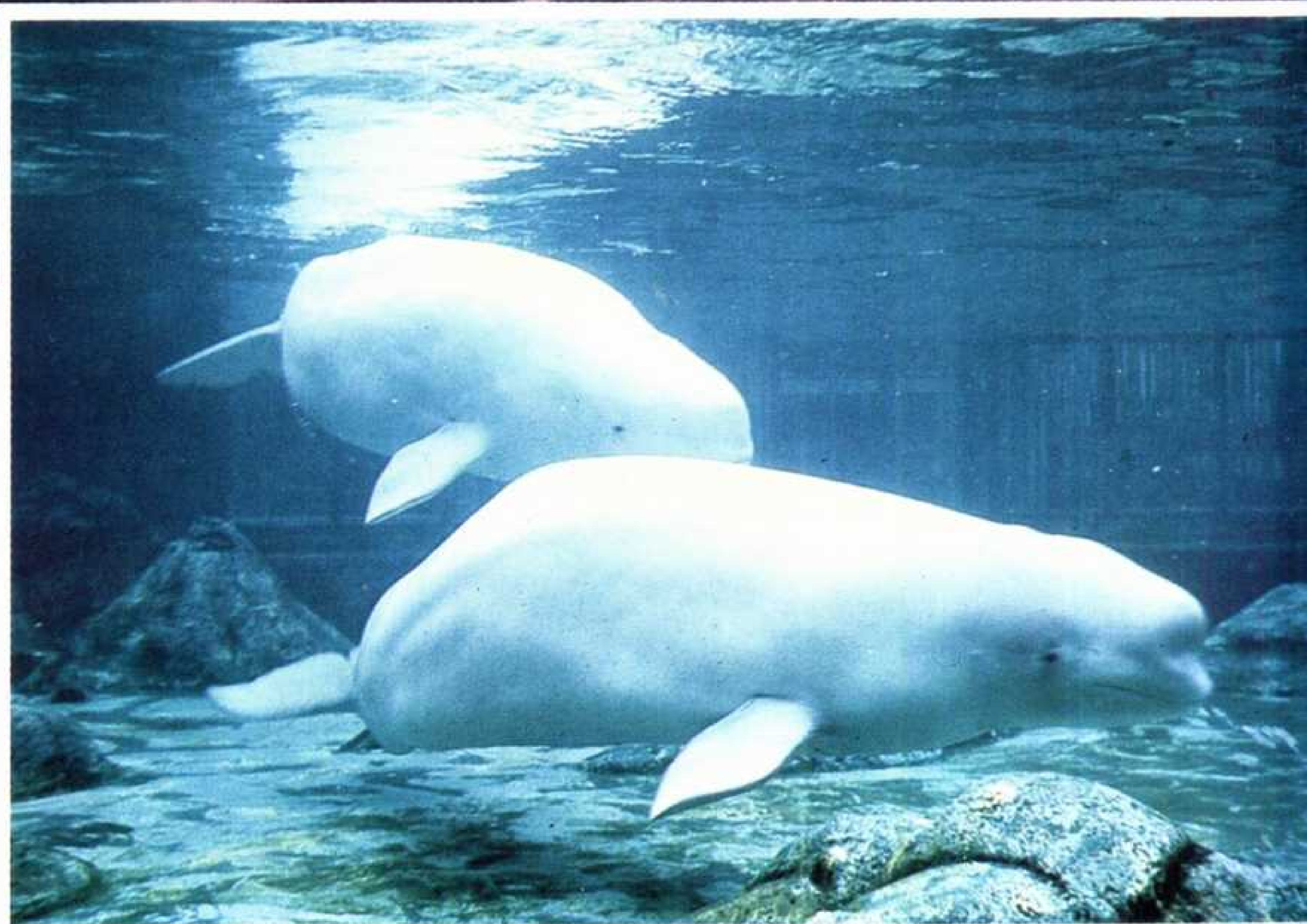
CETACEOS MISTICETOS


Balaena mysticetus


Rhachianectes glaucus


Megaptera nodosa

rigirse desde las aguas frías del Artico hasta las cálidas lagunas de la costa mexicana. Recientemente se instaló en México un radioemisor a un ejemplar de esta especie, al que se le pudo seguir así durante más de 90 días sobre una distancia de 4.600 kilómetros. Las yubartas emigran muchos miles de kilómetros desde el norte, donde se alimentan, hacia aguas tropicales, donde se reproducen en el más riguroso ayuno. La disposición de ambos colores, blanco y negro en la parte inferior de las aletas, ha hecho posible que los investigadores identifiquen y den un nombre a cada yubarta. El uso de radioemisores y la identificación de particu-





Las belugas. Los cetáceos viven en grupo y emigran periódicamente. Las belugas, por ejemplo, habitan en los mares árticos, pero en la estación invernal, para huir de los fríos intensos de las zonas polares, se desplazan a los mares de las regiones templadas. Actualmente es difícil localizar a un grupo de belugas, que escasean cada vez más por la intensa caza.

En la fotografía grande, una excepcional concentración de belugas, en una foto aérea desde unos 300 metros de altura tomada con una película Water Penetration. *A estos cetáceos de considerables dimensiones, pues llegan a medir 5,5 metros de longitud, se les llama también delfines blancos por el candor de su piel, visible claramente en la fotografía de la izquierda.*

lares disposiciones de color en cada individuo prometen revelar buen número de informaciones sobre estos animales.

La emisión de sonidos es muy importante para la vida y el comportamiento de los cetáceos: les permite mantenerse unidos, identificarse mutuamente y encontrar comida aprovechando el eco del sonido emitido, al determinar la distancia y dirección de la fuente alimentaria.

La dieta de las ballenas es variada e incluye peces, calamares, krill y animales del fondo. Los grandes mistacocetos filtran los pequeños organismos a través de las numerosísimas láminas córneas que cuelgan de la mandíbula.

En muchos aspectos, la reproducción es semejante en ballenas y delfines. La gestación dura, generalmente, de once a doce meses para la mayoría de los grandes mistacocetos y los delfines, mientras este período es de quince meses en el cachalote. En invierno, los grandes mistacocetos emigran para reproducirse hacia aguas más cálidas, en zonas templadas o tropicales.

La caza de las ballenas está hoy rigurosamente restringida y existe incluso cierta esperanza de lograr llevar a muchas especies al nivel de población original, si se logra mantener bajo control también a quienes contaminan los mares.

Pinnípedos, sirénidos y nutrias

EXISTEN cerca de 32 especies de pinnípedos, un suborden de los carnívoros que incluye los osos marinos, las focas de pelaje, los leones marinos, las focas comunes, las otarias, las focas fraile y los elefantes marinos. Poco se conoce de su historia evolutiva, pero se sabe que se desarrollaron de antepasados semejantes a osos o de antepasados semiacuáticos similares a nutrias.

Los pinnípedos se encuentran en general en las aguas más frías del globo. Algunos viven en los hielos perennes del Artico y del Antártico. En el Antártico se conocen cuatro especies —la foca leopardo, la foca de Wedell, la foca de Ross y la foca carcinófaga—, que viven a temperaturas inferiores a los 4 °C. Otras especies prefieren aguas menos frías o templadas. Son excepción las focas frailes, que viven en aguas tropicales. Las focas fraile del Mediterráneo y de las Hawai están seriamente amenazadas de extinción.

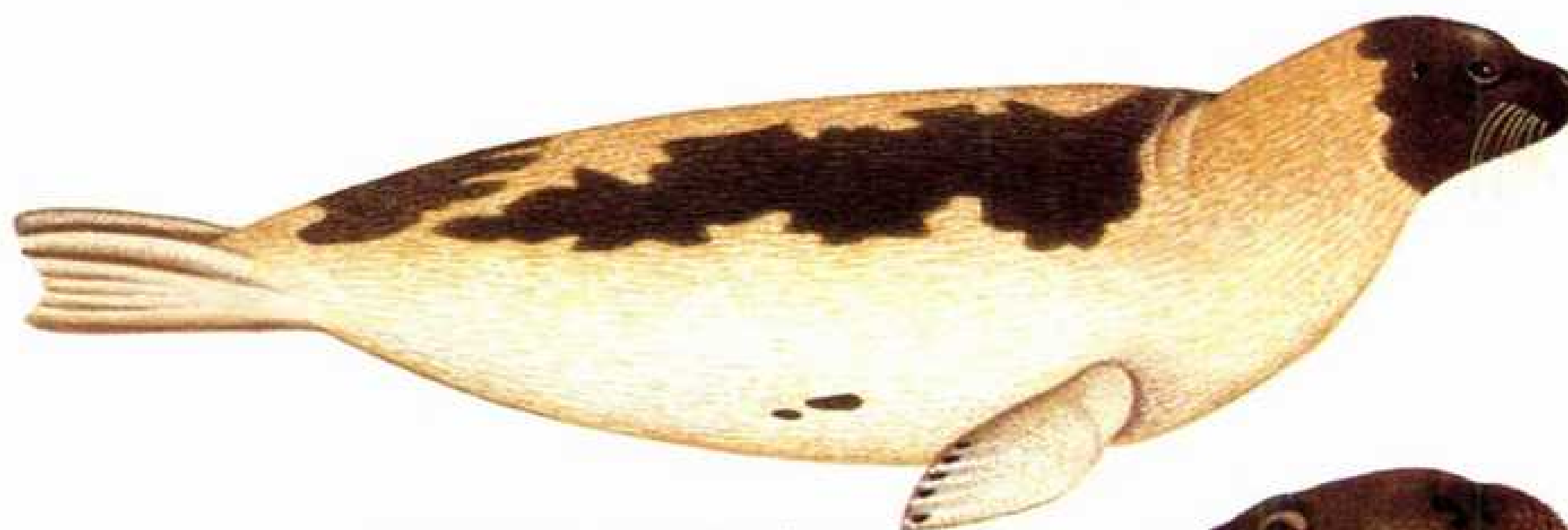
La dieta de la mayor parte de los pinnípedos consta de una amplia variedad de peces y, en ciertos casos, también de calamares. La foca de Ross y el león marino de California se nutren en primer lugar de sepias y de calamares. El león marino de Hooker se alimenta de un cangrejo rojo...



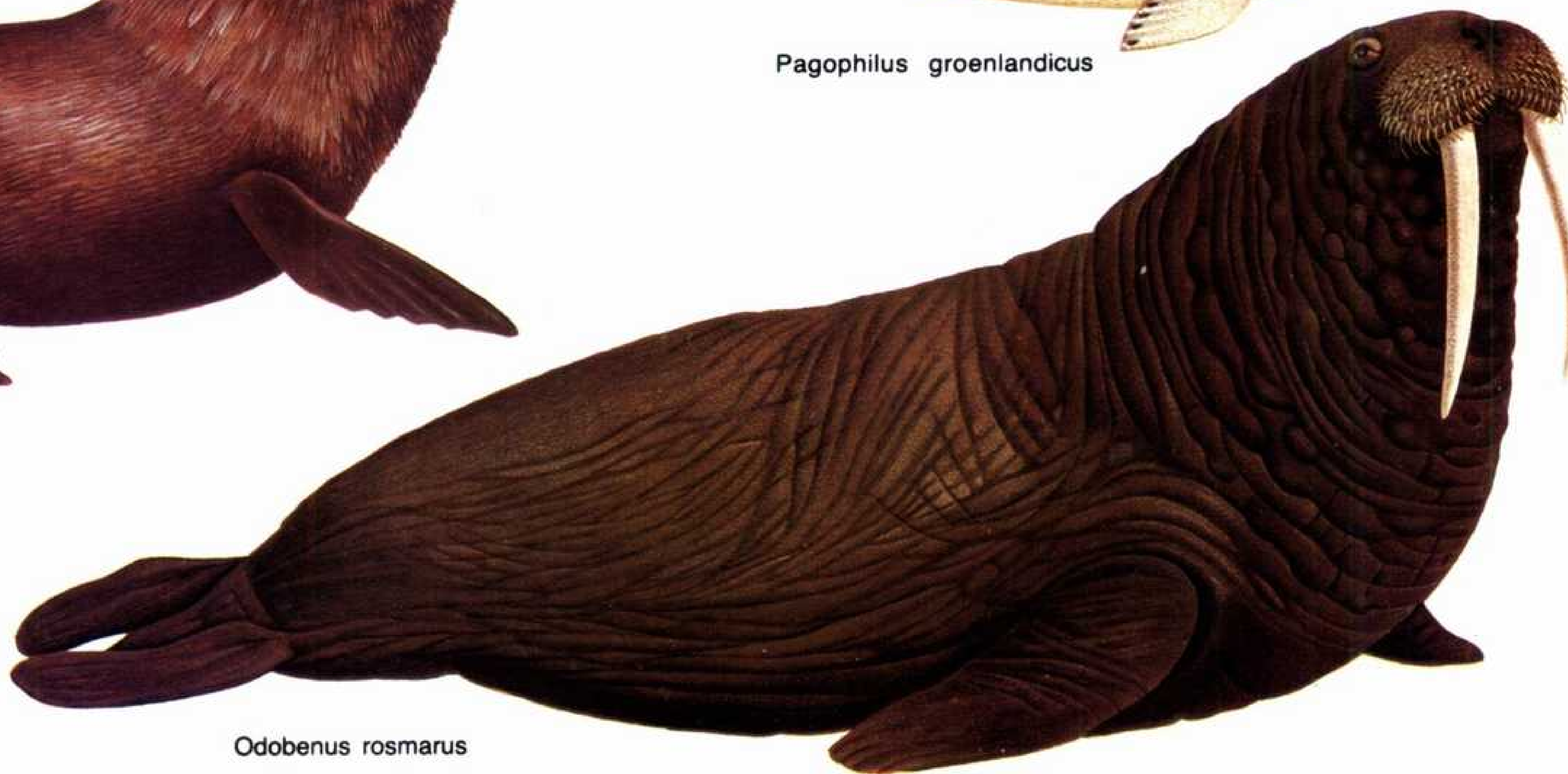
PINNIPEDOS



Zalophus californianus



Pagophilus groenlandicus



Odobenus rosmarus

El león marino, con sus dos colmillos desarrollados a partir de los caninos, captura en el fondo del mar bivalvos vivos, estrellas de mar y hasta focas y narvales. La foca barbuda se nutre en primer lugar de gasterópodos marinos. La foca carcinófaga del Antártico tiene dientes que le permiten filtrar pequeños animalitos que constituyen el krill. La población de pinnípedos comprende entre dos y cinco millones de individuos. Podría incluso haber aumentado desde que las ballenas, que aprovechan el mismo alimento, se han reducido en el Antártico a un número muy bajo. La foca leopardo asedia a los pingüinos, aunque se nutre también de peces, de calamares y de las crías de otras focas.

Las llamadas focas peleteras, los leones marinos, los elefantes marinos, la foca de Weddell y algunas poblaciones de focas grises forman auténticos harenes en tierra firme, cuando llega la época de la reproducción. Los machos de elefante marino pueden alcanzar las 3,6 toneladas de peso. La foca común de Groenlandia, la del Antártico, la fraile y la de capuchón son en general monógamas y se acoplan en el agua. Los cistoforinos forman grupos familiares con un macho, la hembra y su cría, que permanecen en tierra firme. Los machos de esta especie tienen una sorprendente característica: encima de la cabeza presentan como una cresta que sirve probablemente como señal sexual. Las hembras de la foca barbuda paren en las olas heladas. Los machos de la foca de Weddell, en el Antártico, tienen sus territorios bajo la capa de hielo y pueden emerger del agua a través de un agujero que les sirve para respirar. Las hembras y las crías que pertenecen a sus territorios permanecen en el hielo de encima. Bajo el agua, el macho emite un canto que tiene la función de advertencia territorial. Para parir, las hembras de los pinnípedos tienen que dirigirse a los bancos de hielo o a tierra firme. Las madres y las crías emiten reclamos de identificación, y el reconocimiento último por parte de la madre se produce a través del olfato.

Las orcas, los tiburones y el hombre son los peores enemigos de los pinnípedos. En efecto, las focas son cazadas todavía en gran número por el hombre, que utiliza de diversas maneras su carne, su grasa y su piel. Las crías de la foca de Groenlandia se cazan por su blanquísima pelliza.

Los manatíes y dugongos son miembros de un orden distinto, los sirenios. Viven enteramente en el agua y se alimentan exclusivamente de la vegetación acuática. Hoy sólo se encuentran en las regiones tropicales. Forman un grupo separado de los demás mamíferos marinos, en cuanto que son animales pesados, de aspecto torpe, carentes de las patas posteriores y que se sirven de la cola aplastada para la locomoción.

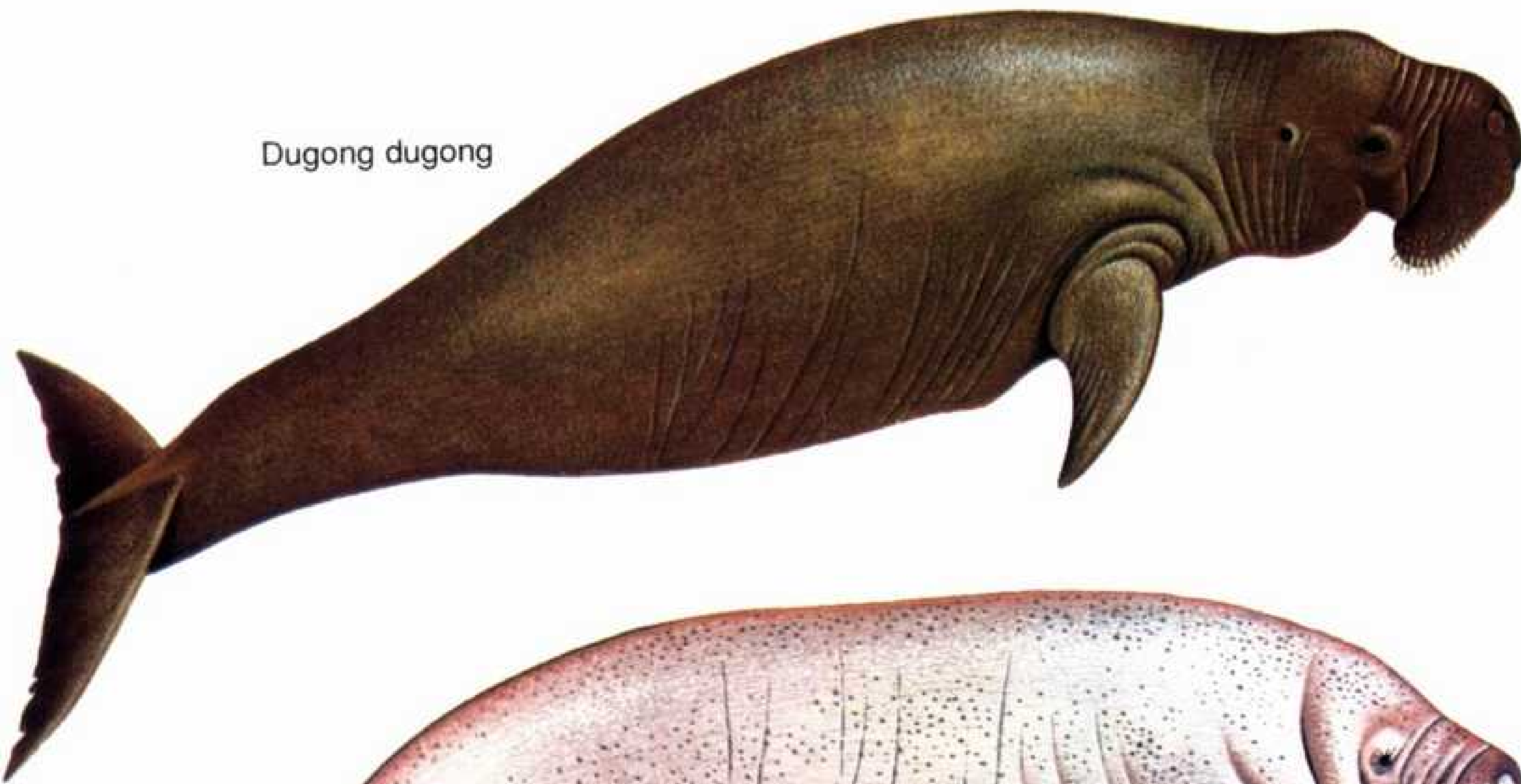
Una especie de nutria lleva hoy una existencia rigurosamente marina. En las aguas de California su población se ha visto aumentada recientemente. Este animal pesca, a lo largo de las costas rocosas, diversos tipos de crustáceos, pero su bocado favorito siguen siendo los erizos de mar y los grandes gasterópodos. Tiene además una interesante costumbre, que consiste en tenderse boca arriba en la superficie, mientras con una piedra que aferra con una pata, golpea, para abrirlas, las envolturas resistentes y las conchas que apoya contra el cuerpo. Esta actividad, fundamentada en emplear un instrumento para conseguir comida, la presentan muy pocas especies. Pare en tierra firme una sola cría, que lleva bastante pronto al mar.

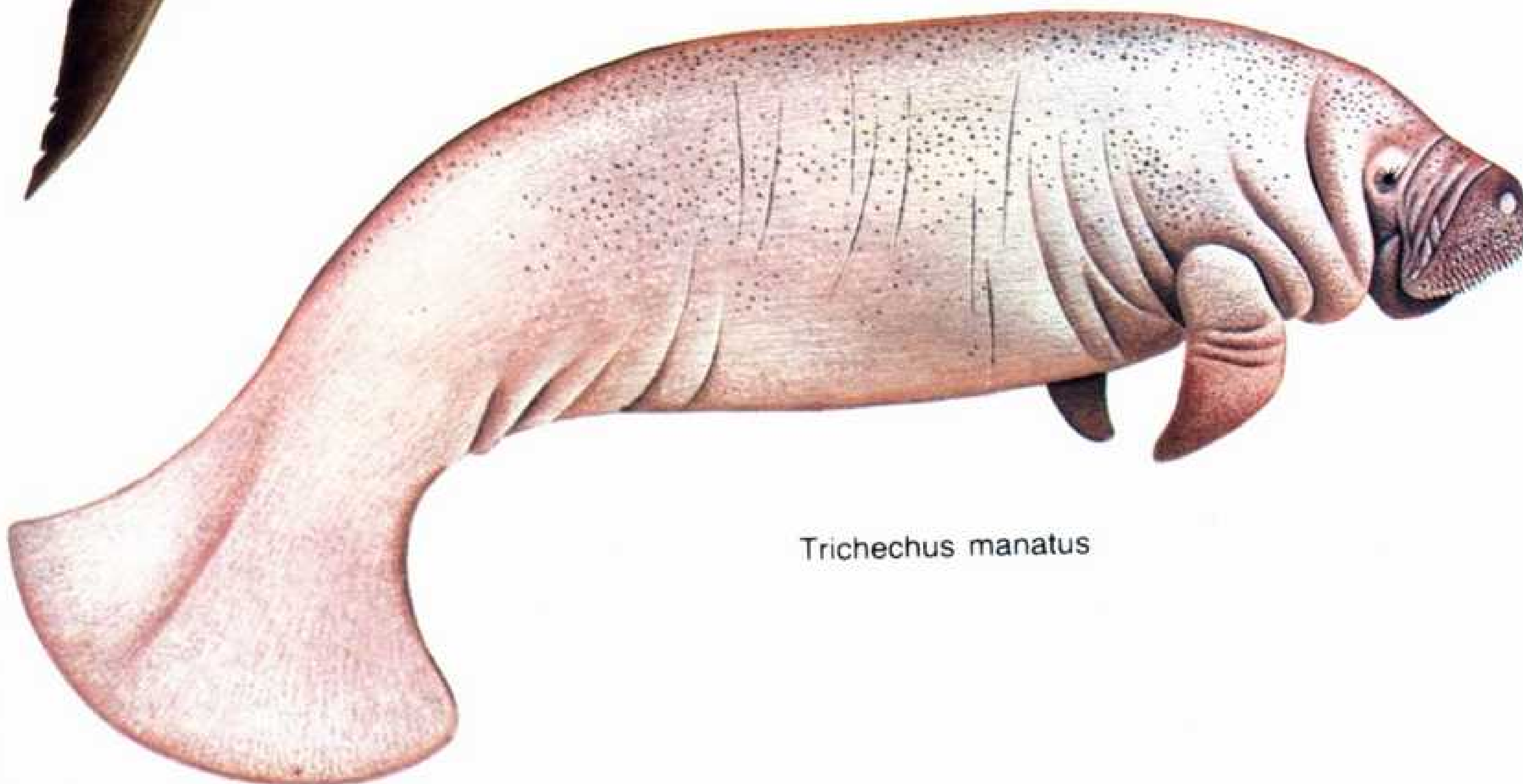
Los mamíferos marinos de las costas. *La nutria de mar (a la derecha) es, entre los mamíferos marinos, el único que ha conservado auténticas patas y el que menos se aleja de la orilla. Más adaptados a la vida marina están los sirenios (abajo), que viven cerca de la desembocadura de los ríos y a lo largo de las costas. Se alimentan de plantas. Los pinnípedos (en la página anterior, abajo) viven en sociedad a lo largo de las costas: a la izquierda, colonia de leones marinos.*

NUTRIAS MARINAS



SIRENIOS





Las aves marinas

Las aves marinas se pueden reunir en grandes bandadas cuando emigran o se concentran en las áreas de reproducción, cerca del Antártico y en las islas costeras u oceánicas.

La estrategia de la reproducción en las aves marinas difiere en muchos aspectos de la de las continentales. Las especies pelágicas tienden a ser longevas, coloniales y a tener un bajo potencial reproductivo; pueden poner un solo huevo al año, lo incuban durante varias semanas y, únicamente tras muchos meses de cuidado, los jóvenes empiezan a volar. Las áreas de reproducción se encuentran en islas remotas, donde huevos y pollos están libres de los mamíferos marinos depredadores.

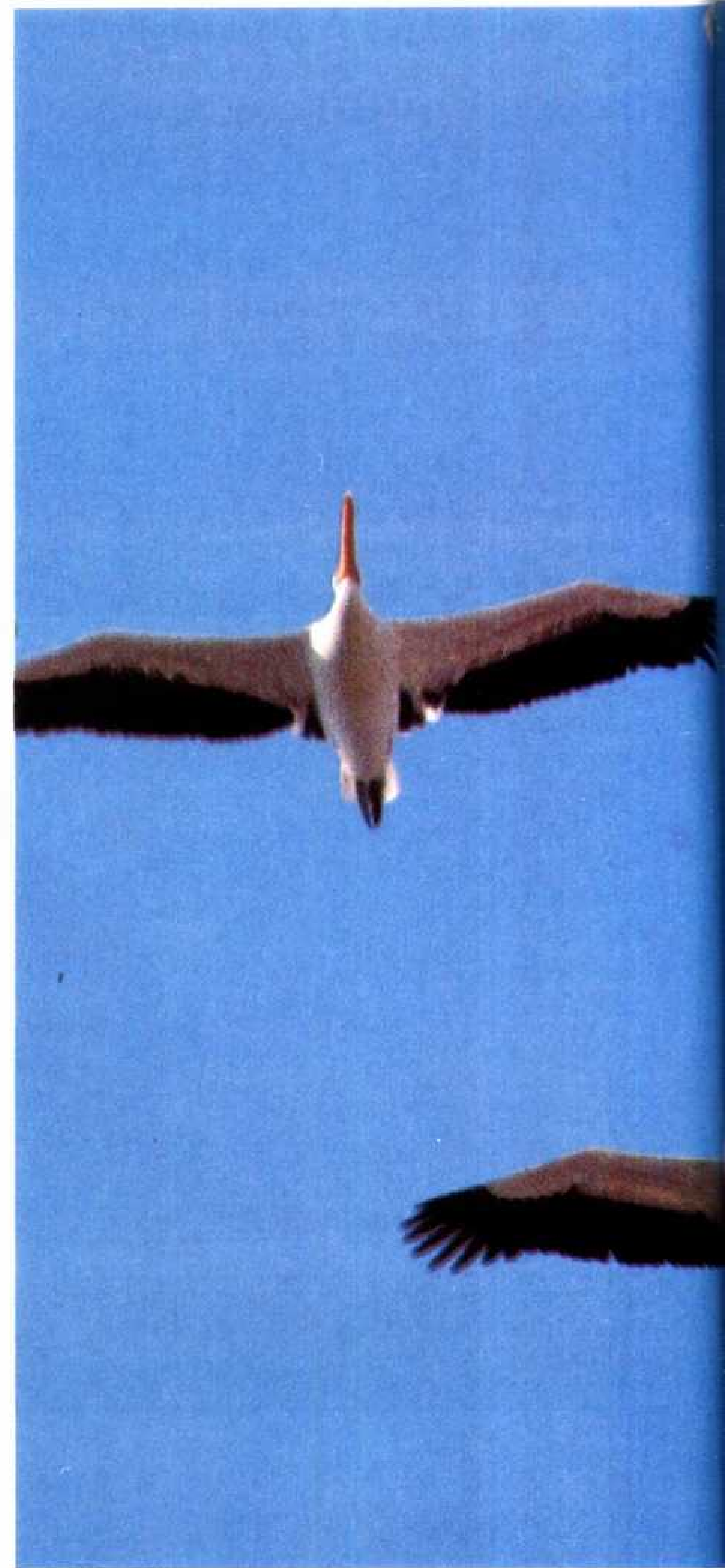
El futuro de las aves marinas presenta graves problemas. La concentración en pequeñas áreas de reproducción puede ser peligrosa para una especie: la población mundial de una determinada especie de albatros nidifica sólo en una de las islas Galápagos. La concentración en las áreas de nidificación y de alimentación hace a tales áreas susceptibles, por ejemplo, de contaminación por derrame de petróleo. Persistentes pesticidas contaminan los mares, entran en las cadenas alimentarias de los organismos acuáticos y se concentran en cantidades tóxicas en los carnívoros situados en el vértice. Las islas en que nidifican, muy expuestas, alteran fácilmente su equilibrio por la presencia del hombre y la introducción de animales no indígenas.

La población humana, en continuo aumento, aprovecha cada vez más los alimentos procedentes del mar, disputándoselos a veces directamente a los animales. Por ejemplo, ciertas aves que viven a lo largo de las costas de California fueron diezmadas cuando la industria de la sardina agotó sus reservas.

Durante años, la recogida con fines industriales de fertilizantes ha aprovechado los depósitos de guano ricos en nitratos de la costa occidental de América y del Africa meridional. Hoy, estas costas son valoradas en beneficio tanto de las aves como de la industria. Por desgracia, las redes usadas para capturar los peces hacen que se ahoguen miles de aves que se zambullen, y esto sucede cada año en el Pacífico septentrional. Sin embargo, parece que están aumentando las poblaciones de gaviotas y de correlimos, dado que los recursos alimentarios en los desagües junto a la costa y entre los desechos de la pesca contribuyen a hacerles superar los períodos de carencia.

A partir del Jurásico, es decir, desde hace 150 millones de años, los descendientes emplumados del *Archaeopteryx* han proliferado, evolucionando en cerca de 8.700 especies.

La utilización del mar por parte de las aves varía mucho. Las especies pelágicas pasan en él prácticamente toda su vida, sobre y bajo la superficie del agua, y sólo regresan a tierra cuando la reproducción lo exige. Otras, como los colimbos, los pájaros bobos y algunos ánades que se nutren de peces pasan el invierno en el mar y emigran a tierra firme en verano para reproducirse en las aguas dulces. Las aves que viven a lo largo de las costas, las zancudas y los patos buceadores frecuentan las ricas bahías costeras y los





Golondrina de mar



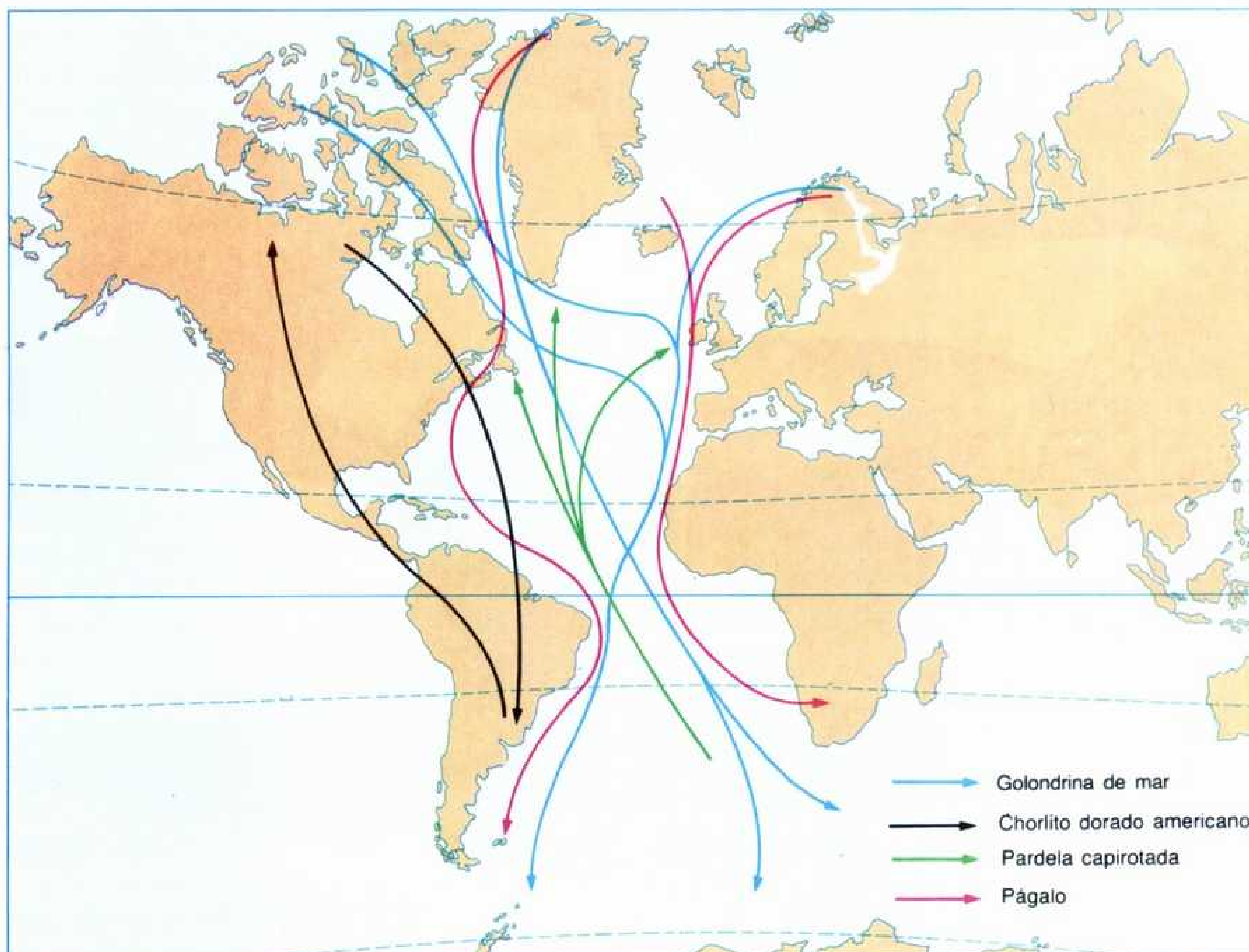
Chorlito dorado americano



Pardela capirotada



Págalo



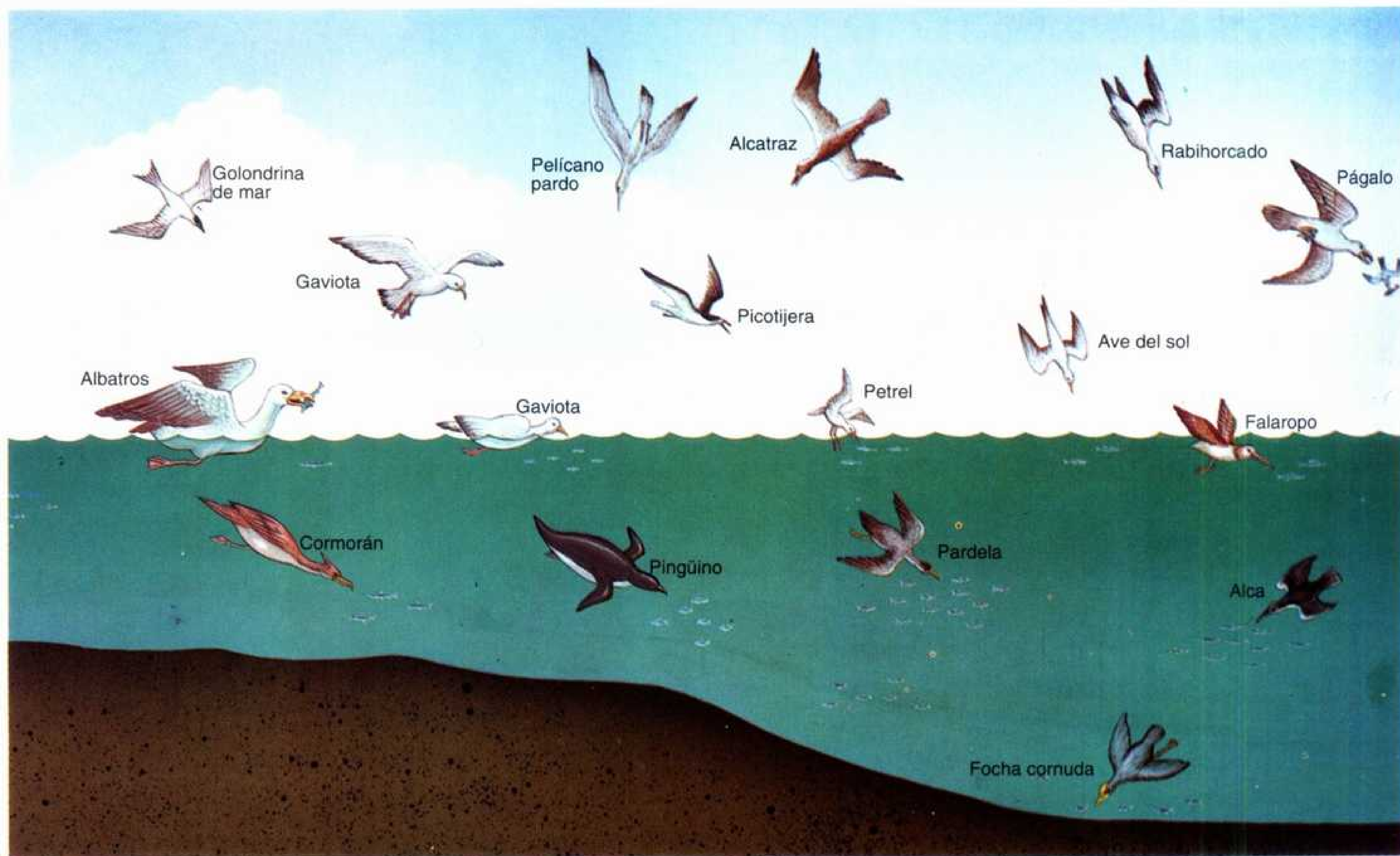
El mapa de las migraciones. *Algunas especies de aves llevan a cabo grandes vuelos transoceánicos, desplazándose desde el hemisferio septentrional hasta el meridional. Por ahora sigue siendo imposible explicar totalmente las migraciones: no se sabe, por ejemplo, cómo se orientan las aves y qué estímulo provoca la migración misma. Parece que está vinculado a factores hormonales que se modifican en ciertas estaciones. En el mapa se indica el recorrido que hacen la golondrina de mar, el chorlito dorado americano, la pardela capirotada y el págalo. Arriba, una bandada de pelícanos en vuelo.*



estuarios durante sus migraciones de uno a otro punto del continente. Las gaviotas, los charranes y los pelícanos permanecen en las plataformas continentales, en aguas someras, a menudo a la vista de tierra firme.

Las aves tienen diversos estilos para alimentarse en el mar. Las gaviotas, los falaropos, las pardelas, los petreles y la mayoría de los pelícanos son malos buceadores, por lo que se mantienen en la superficie para cazar presas vivas o para alimentarse de animales muertos. El martín pescador, el águila pescadora, los pelícanos pardos, los alcatraces, los charranes y las aves tropicales en general son potentes voladores que se arrojan al agua y se zambullen en ella para capturar los peces. Las fragatas, los petreles, las alcas y los pingüinos persiguen a los peces, los calamares y los animales planctónicos batiendo las alas bajo el agua. Los cormoranes, los álcidos, los colimbos y los patos buceadores nadan y se sumergen merced a potentes golpes de las patas, lobuladas o palmeadas. Los rabihorcados, los págalos y algunos albatros persiguen a otras aves hasta conseguir robarles su presa o incluso hacer que vomiten su alimento.

Al adueñarse de los mares, las aves han tenido que evolucionar para ser excelentes voladoras y planeadoras. Fragatas y albatros tienen la relación más alta entre superficie de las alas y peso corporal. Además, muchas especies se han adaptado a beber el agua del mar, eliminando el exceso de sales a través de glándulas nasales. La capacidad de orientación de estas aves es sorprendente.



Técnicas de caza de las aves marinas. *Las aves marinas se sirven de técnicas diversas para procurarse el alimento (dibujo de la derecha). Algunas especies han aprendido a nadar bajo las olas para perseguir a los peces: entre ellas, fochas, pardelas, cormoranes, pingüinos, negrones y alcas. Otras, como gaviotas o paíños, se han especializado en aferrar a los peces en vuelo rasante. Hay aves también (como, por ejemplo, el págalo o skúa) que arrancan la presa del pico de otra ave. En general, las aves aprovechan las corrientes de aire ascendentes y descendentes que se crean a lo largo de los acantilados.*

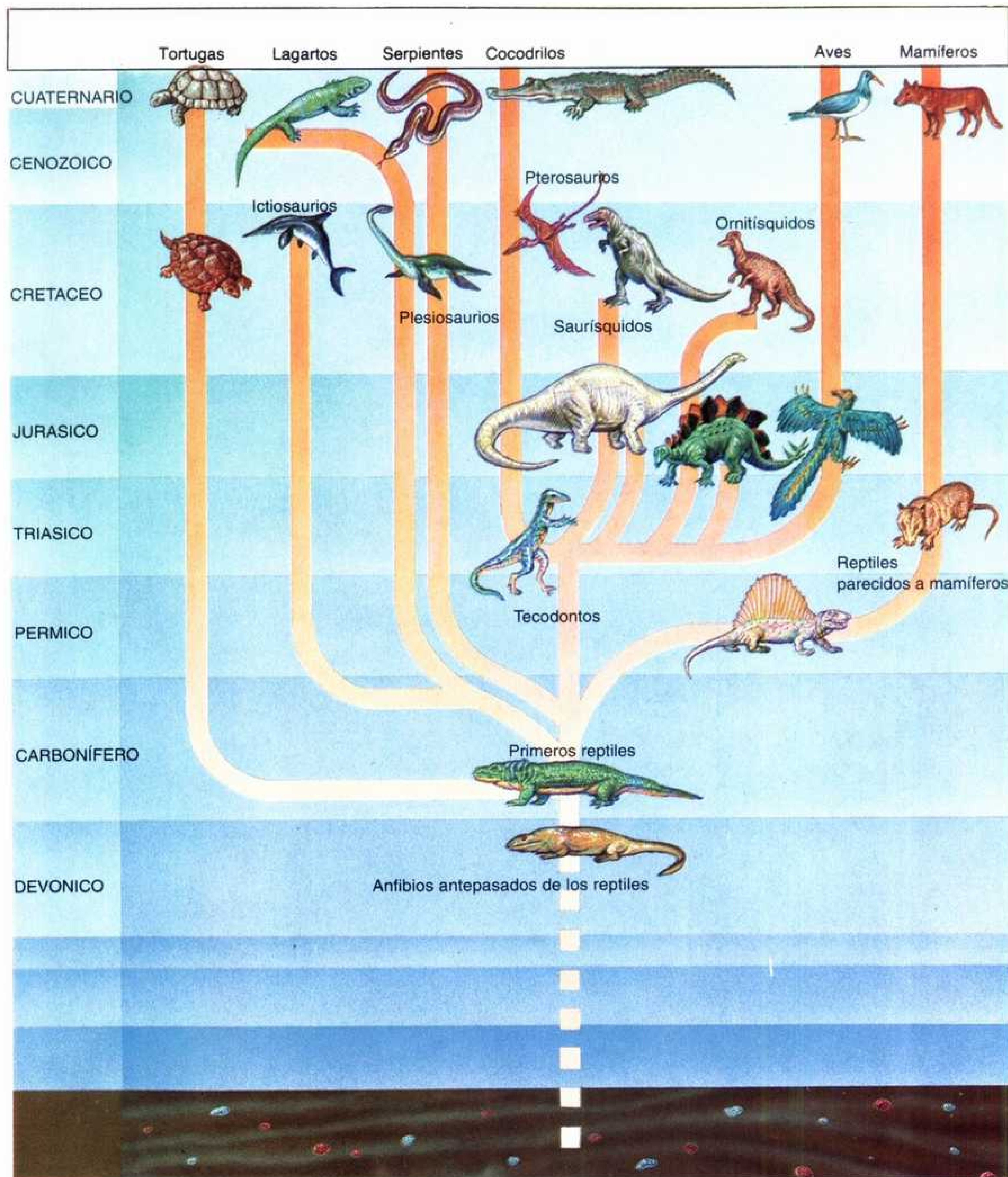
Las tortugas

EXISTEN sólo siete especies de tortugas marinas, divididas en cinco géneros. Dado que están difundidas un poco por todas partes y que han permanecido esencialmente idénticas desde hace más de 90 millones de años, al principio de su evolución debieron de haber desarrollado un sistema de vida muy apropiada para ellas, por lo que no tuvieron ningún motivo particular para cambiar.

Las especies más abundantes son la tortuga franca o verde, la tortuga laúd, la tortuga carey y la tortuga común. Viven en aguas tropicales o templadas cálidas, puesto que no tienen dispositivo interno alguno para protegerse del frío; sin embargo, la tortuga común y la tortuga franca hibernan de alguna manera en el fondo o cerca de él, especialmente en galerías excavadas en profundidad.

Descendientes de tortugas terrestres que volvieron al mar, las hembras de estas especies continúan moviéndose torpemente por las playas para desovar en nidos que excavan en la arena. Los ciclos vitales varían ligeramente entre los diversos géneros. Por ejemplo, las tortugas francas son herbívoras, mientras otros tipos de tortugas se nutren de invertebrados como cangrejos y medusas. La mayor es la tortuga laúd.

Durante siglos, las tortugas francas fueron fuente de alimentación para el hombre, y por este motivo se han obtenido numerosas informaciones sobre su ciclo



La evolución de los reptiles. *El esquema de la derecha ilustra, a grandes rasgos, la evolución de los reptiles. Se piensa que éstos descienden de un primitivo tronco de anfibios que se desvinculó del agua y empezó a reproducirse mediante un huevo amniótico.*





La reproducción de las tortugas. *Las hembras de la tortuga franca del Atlántico, tras la época de celo, parten desde el Brasil y llegan a la isla de Ascensión; esperan a la noche para salir del agua y luego se adentran en la playa (1) donde excavan un agujero y cada hembra pone hasta un centenar de huevos (fotos de arriba, en la página siguiente). Estos huevos, tras unas diez semanas, eclosionan. Los pequeños se dirigen inmediatamente hacia el mar (2) y sólo muy pocos logran llegar al agua. A la derecha:* Dermochelys coriacea, *la tortuga laúd de los mares tropicales, la mayor existente.*







vital. Las hembras de la tortuga franca del Atlántico llegan a la madurez sexual a los cinco años. Construyen el nido sólo cada dos o tres años, pero en los años propicios pueden construir hasta cinco o seis. En cada temporada ponen cerca de 100 huevos en forma de pelota de ping-pong.

Tras la puesta sobreviene de inmediato el estadio más vulnerable de todo el ciclo vital, al ser los nidos presa de otros animales. Tras unos sesenta días, los pequeños emergen del huevo y tienen que recorrer el camino que los lleva del nido al mar. Si no son devorados por las aves o los cangrejos, en cuanto tocan el agua se ponen a nadar y se dirigen siempre hacia el fondo. Mientras los adultos no tienen más enemigos que los tiburones, las orcas y el hombre, los pequeños son devorados por muchos tipos de peces. No es de extrañar que sean pocas las tortuguitas que logran superar tantos riesgos.

Pero es que en realidad todas las tortugas están en peligro. Aparte de la depredación por parte del hombre y de otros animales, a nosotros nos gusta vivir a la orilla del mar o, por lo menos, veranear en la costa. Por eso, si queremos ver todavía a estos animales por mucho tiempo, debemos dejar a las hembras una porción de playa libre donde puedan desovar tranquilamente: no les gusta, en efecto, hacerlo en zonas pobladas; los pequeños, cuando marchan al agua de noche, tienden a ser atraídos por las luces de la orilla. En las costas occidentales de México, por ejemplo, se han dispuesto ya zonas a propósito con esta finalidad.

Serpientes y saurios

DE todos los reptiles que pasan hoy su existencia en el mar, sólo algunos miembros de la familia hidrófidos, esto es, las serpientes de mar, han logrado cortar todos sus vínculos con tierra firme, incluso por lo que concierne a la reproducción. En este sentido, son los únicos auténticos reptiles marinos.

Existen unas 50 especies conocidas de serpientes marinas, la mayor parte incluidas en el género *Hydrophis*. Sólo una especie, la pelágica *Pelamydrus platurus*, la serpiente de mar de vientre amarillo, ha logrado atravesar el Pacífico para llegar a las costas occidentales americanas. Está presente en la costa occidental de México, desde Mazatlán, aproximadamente, hasta América meridional.

En el Atlántico no se conocen serpientes de mar, mientras la especie *Pelamydrus platurus* está difundida, hacia occidente, en el océano Indico hasta Africa oriental y el cabo de Buena Esperanza.

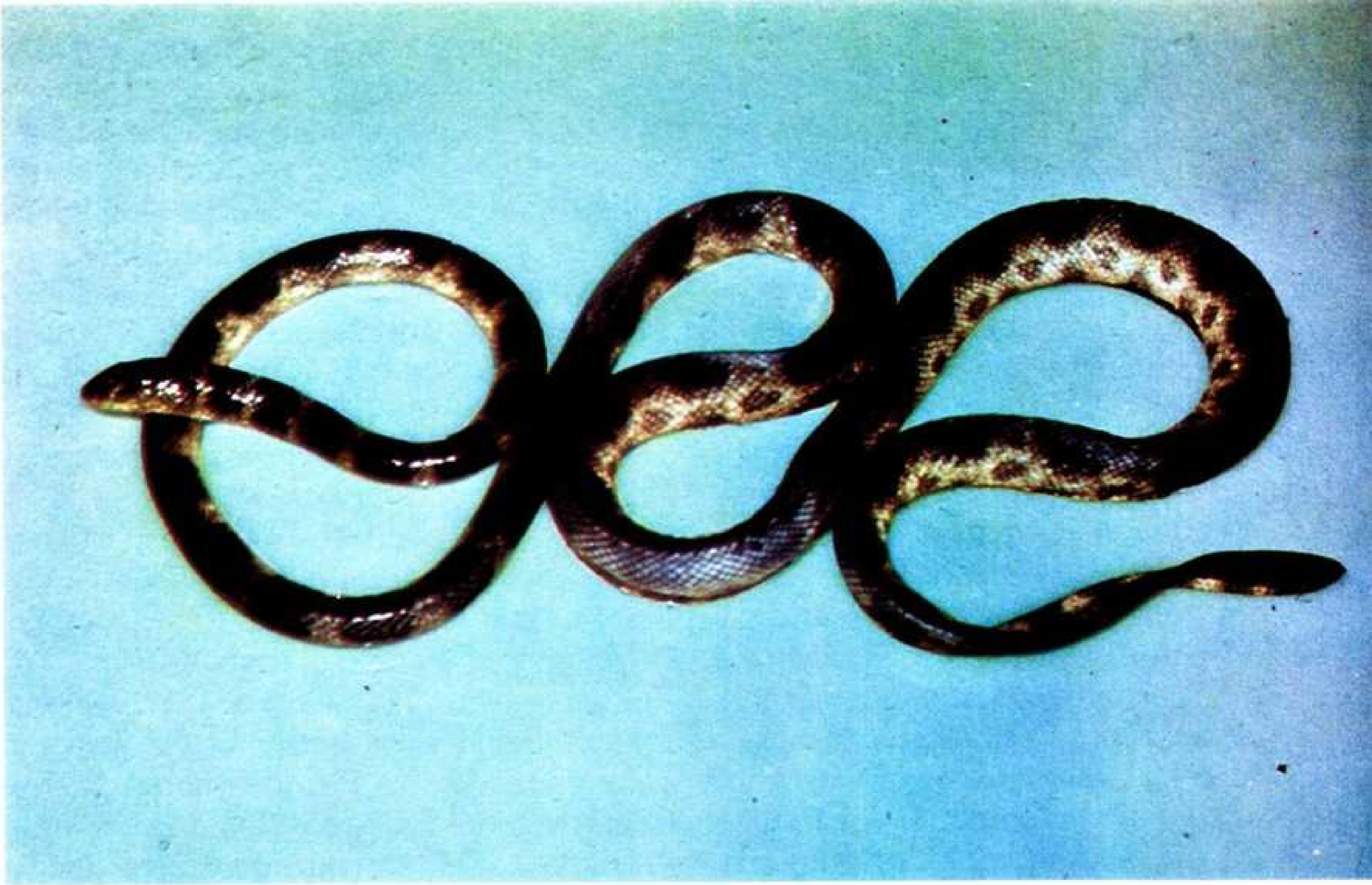
Dado que las serpientes de mar son cria-







Anillos bajo el agua. *Las serpientes de mar, que viven preferentemente en las zonas de escollera (en la fotografía superior), tienen la cabeza tan ancha como el cuello (en el medio), para poder hendir mejor el agua. A la derecha,* Lapemis hardwickii: *en la página siguiente, de arriba abajo:* Hydrophis elegans, Laticauda calubrina, Pelamydrus platurus.







turas que viven preferentemente en mares poco profundos, su máxima diversidad y abundancia se dan en dos áreas separadas entre sí por amplias zonas con aguas más profundas. Las especies de los mares de la región australiana difieren claramente de las poblaciones de las Indias Orientales, aun cuando ambas áreas tienen en común ciertas especies pelágicas de amplia difusión. Un especie, *Hydrophys semperi,* parece haber regresado a un género de vida dulceacuícola en el lago Taal, en la parte meridional de Luzón, en las Filipinas.

Algunas especies tienen la costumbre de exponerse al sol en la superficie del agua, donde se dejan flotar. En las Filipinas, una especie en particular, *Laticauda semifasciata,* se reunía por miles de ejemplares para reproducirse en las grutas marinas de Gato, una isla situada al norte de Cebú.

La serpiente de mar es un miembro marino especializado de la familia de los eláfidos, que incluye también las cobras, las mambas y las corales. Se trata de serpientes sumamente peligrosas. En el laboratorio, los venenos de algunas serpientes de mar aparecen como los más tóxicos entre todos los de serpiente.

Las serpientes de mar muestran adaptaciones a la vida marina. Tienen, en efecto, colas comprimidas en sentido vertical (en forma de remo), narices situadas dorsalmente, que cierran mediante válvulas, y glándulas de la sal. Aparte de estas propiedades generales se dan amplias variaciones, y la familia se puede dividir a grandes rasgos en dos subfamilias, hidrófidos y laticaudinos. Estos últimos, que incluyen tres géneros, conservan en buena parte el tipo de escamas de las serpientes terrestres, con gruesas escamas en el vientre y otras imbricadas o parcialmente superpuestas en el dorso. Algunos miembros de este grupo, el más primitivo de las serpientes de mar, deben volver todavía a tierra para desovar. Los miembros de la subfamilia más avanzada, los hidrófidos, tienen escamas ventrales de dimensión notablemente reducida y las escamas sobre el dorso no se superponen; nunca se las ha visto regresar a la orilla por ningún motivo.

Mientras que muchos reptiles se han adaptado a un género de vida en las márgenes del mar, sólo una especie —aparte de las serpientes de mar, las tortugas marinas y los cocodrilos— se ha comprometido en una existencia marina. Se trata de la iguana *Ablyrhynchus cristatus,* el único saurio que ha desarrollado un hábitat primariamente marino. Limitado a las islas Galápagos, este gran saurio se sumerge hasta los 10 metros de profundidad en busca de las algas con las que luego se alimenta.

Los cocodrilos

LAS más de veinte especies de cocodrilos hoy existentes están repartidas en un amplio abanico de hábitats, desde los ríos próximos al Himalaya, cuyas aguas nacen del deshielo, a los pantanos y lagos de las zonas tropicales y templadas, así como al borde del mar donde crecen los manglares, e incluso a mar abierto. Mientras sólo tres especies se pueden considerar verdaderamente marinas o de estuario, la mayor parte penetra en el hábitat de aguas saladas en una u otra localidad. Ninguna es totalmente marina, en el sentido de que todas, como las tortugas marinas y algunas serpientes de mar, deben volver a tierra para la puesta.

Los cocodrilos pertenecen al grupo de los arquisaurios, que incluían en el pasado a los dinosaurios y a los reptiles voladores. El más antiguo cocodrilo identificado, *Proterochampsa*, fue descubierto en yacimientos del Triásico medio de la Argentina occidental, que formó parte del supercontinente Gondwana. Los arquisaurios se desarrollaron rápidamente, produciendo una notable variedad de especies de grandes dimensiones y de elaborada coraza.

En el curso de esta larga historia, los cocodrilos se difundieron en casi todos los ambientes, pero sólo un grupo, la familia de los metrioríquidos, invadió los mares abiertos. Los metrioríquidos eran animales de cuerpo fusiforme con una reducida coraza, con miembros transformados en aletas y dientes también modificados para cortar o desgarrar grandes presas, pero menos adecuados en cambio para capturar peces de pequeñas dimensiones; se desconoce su biología reproductiva. Junto con un grupo afín, los telosáuridos, proliferaron durante el Jurásico y persistieron en el Cretáceo, y luego se extinguieron. Los telosáuridos tenían una pesada coraza y un largo hocico, parecido al del actual gavial hindú, especializado en la captura de peces. También sus patas se habían desarrollado bien, y vivían probablemente cercanos a las costas, volviendo periódicamente a tierra.

Es de imaginar que una mayor independencia térmica y eficiencia fisiológica, asociadas a cuidados parentales elaborados respecto de los nidos y las crías, debieron de determinar en los cocodrilos la distinción entre extinción y supervivencia.

Los cocodrilos actuales resultan notablemente semejantes a sus antepasados, e imperan en los ambientes acuáticos tropicales, tanto marinos como de agua dulce, donde no haya interferencias humanas. Se pueden clasificar en tres grupos: cocodrílidos (que incluyen el cocodrilo del Nilo, el poroso, el de Guinea, el palustre y el falso gavial), aligatóridos (que incluyen los caimanes y aligatores) y gaviálidos. Excepto el gavial y el falso gavial, las demás formas son bastante similares en el aspecto general y sólo se pueden distinguir por detalles anatómicos. Todas las especies tienen en común caracteres relacionados con su hábitat acuático: ojos y nariz localizados dorsalmente, velos cutáneos sobre los ojos y un paladar secundario que les permite respirar incluso con la boca llena de agua.

La longevidad y el tamaño de los cocodrilos son objeto de discusión. Se habla a menudo de grandes animales en cautividad cuya edad supera el siglo, y se sostiene la existencia hasta de patriarcas de mil años de edad.

La longitud máxima de las diversas especies de cocodrílidos varía considerablemente, desde los pequeños caimanes sudamericanos o los cocodrilos enanos africanos de 1-2 metros de longitud hasta el cocodrilo poroso o marino *(Crocodylus porosus)* de la región indoaustraliana, que alcanza los ocho metros o más. Se tienen incluso noticias, aunque no documentadas, de algunos ejemplares de 10 metros. El cocodrilo americano *(Crocodylus acutus)*, difundido desde México y la Florida meridional, a través del mar Caribe y el Pacífico, hasta la parte septentrional de la América meridional, puede llegar a los siete metros. Entre los manglares de la Florida meridional sobreviven aún hoy unos 200 ejemplares de esta especie amenazada. Una de las mayores concentraciones naturales todavía existentes está hoy protegida y se encuentra en el lago Enriquillo, en la República Dominicana. El cocodrilo del Nilo *(Crocodylus niloticus)* está difundido en el continente africano y vive en los ríos de ancho cauce, en lagos y pantanos, así como en los ambientes costeros. Puede superar los seis metros de longitud; las demás especies que superan también este límite son el aligátor americano, el cocodrilo intermedio *(Crocodylus intermedius)* de las regiones septentrionales de la América meridional y el gavial de la India, de Bangladesh y de Birmania.

Los cocodrilos marinos. *Deben su nombre a la costumbre de nadar a mar abierto; aunque generalmente viven en aguas dulces.*



REFERENCIAS FOTOGRÁFICAS

Foto Albergoni. Carlo Andreis. M. Black/Departement of Geology-University of Cambridge, G.B.C. Brogiato-Padova. Stephen W. Broome. David K. Caldwell. H.W. Campbell. Enrico Cappelletti. Nino Cirani. B. M. Cita. Civico Museo-Desio. Archives Fabbri. Rhodes W. Fairbridge. Il Gabbiamo. Maurizio Gaetani. Geological Museum. E. Giovenzana. G. S. Giacomelli-Napoli. Bill Glass. Foto Gorsen. W. H. Harlow. H. Heatwole. Joel W. Hedgpeth. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique-Bruselas. Instituto di Paleontologia-Universidad de Pavía. Rus Kinne. Kodak. Lamont-Doherty Geological Observatory of Columbia University. A. Margioco. Collection P. Mariani-Desio. G. Mazza. Jack McKennedy. Moonlight Productions/ Dr. Lee Tepley, Mountain View, California. Stephen Moorbath. Gery Murphy. R.C. Murphy. Museo di Geologia e Paleontologia-Universidad de Pisa. Museo di Storia Naturale-Brescia. Museo di Storia Naturale, Milán. Museo di Storia Naturale-Verona. Museum National D'Histoire Naturelle-París. Nadinez-Rapho. B. Nagy. NASA. National Park Service Photograph. Natural History Museum-Londres. Naval Phot. Service. Noaa. Foto Ostuni. Charlie Ott. Daniele Pellegrini. Lino Pellegrini. Christian Petron. Guido Picchetti. Giovanni Pinna. S. Pirovano. Premoli. Raymond Talbot Jr., Reginald I. Dufour and Eric B. Jensen, Rice University. Andrea Tintori. Jeffrey L. Rotman. Cettina Russotti. Scripps Institution of Oceanography. D. Swift. U.S. Geological Survey. Romano Vada/Archives Fabbri. A. Vigna Taglianti. Anne Wertheim. D.P. Wilson. Woods Hole Oceanographic Inst. Woods Hole, MA., USA.

ILUSTRADORES

Severino Baraldi. Alessandro Bartolaminelli. Santo Chito. Giovanna Collarini. Gabriella Gallerani. Ezio Giglioli. Gabriele Pozzi. Prograf S.N.C. Fernando Russo. Tiger Tateishi. M. P. Team. Franco Testa.

8 ENCICLOPEDIA DEL MAR

folio